

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-019398

(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl.

G02B 15/16

G02B 13/18

(21)Application number : 10-199713

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.06.1998

(72)Inventor : SATO SUSUMU

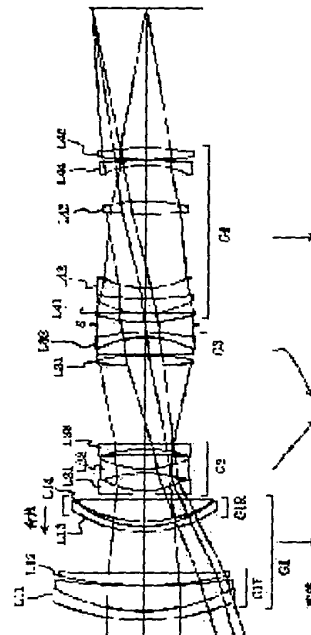
## (54) LARGE APERTURE RATIO INNER FOCUS TYPE TELEPHOTO ZOOM LENS

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a telephoto zoom lens whose telephoto end focal distance, variable power ratio and f-number are respectively set to specified values while maintaining excellent optical performance by moving a rear group in a 1st lens group along the optical axis, performing focusing and constituting the zoom lens so as to satisfy a specified condition.

**SOLUTION:** Focusing is performed by moving a rear group G1R in a 1st lens group G1 along the optical axis. Then, when the focal distance of a front group G1F in the 1st lens group G1 is  $f1F$ , the focal distance of the rear group G1R is  $f1R$  and a distance along the optical axis between the surface of the front group G1F nearest to an image side and the surface of the rear group G1R nearest to an object side in the focusing state of an infinity object is  $D1$ , this lens is constituted to satisfy the condition expressed by expression;  $0.005 < f1R / (f1F \cdot D1) < 0.055$ . By such constitution, the weight and the focusing moving amount of a focusing lens group are

made small, the telephoto end focal distance is made  $\geq 180$  mm, the variable power ratio is made  $\geq 2$  times and the f-number is made  $\leq 3$  while maintaining the excellent optical performance.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the suitable objective lens for a focus for an one eye reflex camera, an electronic still camera, etc. especially about the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia. Furthermore, a tele edge focal distance is 180mm or more, a variable power ratio is more than double precision, and the f number is related with a detail at the so-called diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia smaller than 3.

[0002]

[Description of the Prior Art] The so-called diameter ratio looking-far zoom lens of macrostomia of 1 group delivery focus method which is made to move the 1st lens group arranged most at the body side, and performs focusing (focus) from before is used for the one eye reflex camera, the electronic still camera, etc. With the diameter ratio looking-far zoom lens of macrostomia of this kind of 1 group delivery focus method, since [ that the effective diameter of the focussing-lens group (the 1st lens group) which moves along with an optical axis on the occasion of a focus is large and ] the weight is large, in case it is an automatic focus (AF : auto-focusing), the load to the motor for a drive becomes large. Consequently, with the camera using the diameter ratio looking-far zoom lens of macrostomia of 1 group delivery focus method, there was a fault that cell consumption became excessive and a battery life became short. Moreover, since the movement magnitude (focus movement magnitude) of the focussing-lens group accompanying a focus was also large, AF drive time became long and there was a fault of being unsuitable for quick photography.

[0003] In order to solve an above-mentioned fault, the 1st lens group of fixation among variable power is divided into two at the pre-group of right refractive power, and the back group of right refractive power, and the focus method which moves a back group in the direction of an optical axis as a focussing-lens group is proposed by JP,6-51202,A. Moreover, the portion equivalent to the back group of JP,6-51202,A is moved to an image side on the occasion of the variable power from a wide angle edge focal distance state to a tele edge focal distance state, and even if it faces a focus, it is made to move in the direction of an optical axis independently with the zoom lens indicated by JP,7-294816,A, in order to solve an above-mentioned fault.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The looking-far zoom lens indicated by JP,6-51202,A is very as roughly as 8.3m-8.4m inadequate [ focus maximum point-blank range ] as a general taking lens in the state of a tele edge focal distance, although it has succeeded in lightweight-ization of a focussing-lens group by constituting a focussing-lens group from a positive lens of one sheet. If a focussing-lens group is temporarily moved to the photography distance (1.5m) which this invention makes the purpose, necessary focus movement magnitude of a focussing-lens group cannot become large with 16.6mm - 18.7mm, and quick AF drive cannot be performed. Moreover, since only the positive lens of one sheet is used for a focussing-lens group, the spherical aberration of a focussing-lens group is not amended good. Consequently, near change of the spherical aberration by focus in the tele edge focal distance state is too large, and does

not become useful as a general taking lens too.

[0005] On the other hand, with the zoom lens indicated by JP,7-294816,A, since the effective diameter of a focussing-lens group can be made small by above-mentioned composition, lightweight-ization of a focussing-lens group is attained. Moreover, it has succeeded in making movement magnitude of a focussing-lens group comparatively small with 8.3mm - 13.4mm. furthermore, the thing for which a focussing-lens group is constituted from two groups [ two ] of a meniscus negative lens and a meniscus positive lens -- the spherical aberration of a focussing-lens group -- good -- an amendment -- things became possible and near change (especially tele edge focal distance state) of the spherical aberration by focus is mitigated [0006] However, since the focussing-lens group is moved to JP,7-294816,A on the occasion of variable power with the zoom lens of an indication, the focus movement magnitude of a focussing-lens group will change depending on a focal distance. This shows that this optical system is a barricade focal lens instead of a zoom lens in fact. Therefore, in order to constitute so that this optical system can be treated like a zoom lens, you have to add the interlocking member for interlocking the move cylinder for a focus, and the cam cylinder for variable power on the occasion of variable power. consequently, everything but the weight of the hardware for focussing-lens groups in the weight (it included to the hardware weight) of the focussing-lens group which the motor for AF drive should drive -- the linkage with a variable power lens group -- since the weight of a member is also added, the burden of the motor for AF drive will become overall quite heavy

[0007] Moreover, if the indication technology of JP,7-294816,A is considered from a viewpoint of a lens assembly Although an image formation side is in the inclination to fall greatly when the focussing-lens group which is a part of tele photograph type pre-group (lens group which is before a variable power lens group here) carries out eccentricity Since it becomes total with the connection backlash of the backlash of the movable portion for a focus of the backlash of a focussing-lens group, and a variable power lens group, it is very difficult for the amount of eccentricity of focussing-lens \*\*\*\* to turn into the very big amount of eccentricity, and to maintain the flat nature of an image formation side in a real product.

[0008] Maintaining the outstanding optical-character ability, this invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and the weight and focus movement magnitude of a focussing-lens group are small, a tele edge focal distance is 180mm or more, a variable power ratio is more than double precision, and it aims at the f number offering three or less diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia. the [ moreover, / the 2nd lens group and ] -- the effective diameter of 3 lens groups is made small, and it aims at offering the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia which can arrange the motor for AF drive into the level difference portion of the circumference of a path with the effective diameter of the 1st lens group

[0009]

[Means for Solving the Problem] The 1st lens group G1 which has positive refractive power in order from a body side in this invention in order to solve the aforementioned technical problem, The 2nd lens group G2 which has negative refractive power, and 3rd lens group G3 which has positive refractive power, In the looking-far zoom lens which is equipped with the 4th lens group G4 which has positive refractive power, is made to move the aforementioned 2nd lens group G2 and aforementioned 3rd lens group G3 along with an optical axis, and performs variable power Pre-group G1F to which the aforementioned 1st lens group G1 has positive refractive power in order from a body side, It consists of back group G1R which has positive refractive power stronger than pre-group G1F. this -- after [ the above ] group G1R in the aforementioned 1st lens group G1 Sequentially from a body side, it consists of a meniscus negative lens which turned the convex to the body side, and a positive-lens component. It focuses by moving after [ the above ] group G1R in the aforementioned 1st lens group G1 along with an optical axis. The focal distance of aforementioned pre-group G1F in the aforementioned 1st lens group G1 is set to f1F. When [ of aforementioned pre-group G1F / in / an infinite distance body focus state / the focal distance of after / the above / group G1R in the aforementioned 1st lens group G1 is set to f1R, and ] / the field by the side of an image and distance of after / the above / group

G1R which met the optical axis between the fields by the side of a body most are most set to D1, The diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia characterized by satisfying the conditions of  $0.005 < f1R / (f1 F - D1) < 0.055$  is offered.

[0010] According to the desirable mode of this invention, the focal distance of the aforementioned 1st lens group G1 is set to f1. Set the focal distance of the aforementioned 2nd lens group G2 to f2, and the focal distance of the aforementioned 4th lens group G4 is set to f4. The synthetic focal distance of the aforementioned 2nd lens group G2 and aforementioned 3rd lens group G3 is set to f23. When the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge focal distance state is set to FW and movement magnitude of the direction of an optical axis of after [ the above ] group G1R accompanying the focus to the body of the maximum point-blank range (7.5 times of a tele edge focal distance) from an infinite distance body is set to \*\*D1, The conditions of  $0.04 < (|f23|, FW) / (f1, f4, \Delta D1) < 0.132 \times 10^{-3} < |f2| / (f1, FW) < 3.8 \times 10^{-3}$  are satisfied.

[0011]

[Embodiments of the Invention] In this invention, it has the 1st lens group G1 of right refractive power, the 2nd lens group G2 of negative refractive power, 3rd lens group G3 of right refractive power, and the 4th lens group G4 of right refractive power sequentially from the body side. And variable power from a wide angle edge focal distance state to a tele edge focal distance state is performed by reaching 2nd lens group G2 and moving 3rd lens group G3 along with an optical axis. Moreover, the 1st lens group G1 consists of pre-group G1F of right refractive power, and back group G1R which has right refractive power stronger than these pre-group G1F sequentially from the body side. Furthermore, back group G1R in the 1st lens group G1 consists of a meniscus negative lens which turned the convex to the body side, and a positive-lens component sequentially from the body side. Moreover, the so-called internal focusing which focuses by moving back group G1R in the 1st lens group G1 along with an optical axis as a focus method is adopted. Hereafter, the composition of this invention is further explained to a detail, referring to each conditional expression of this invention.

[0012] First, the following conditional expression (1) is satisfied in this invention.

$$0.005 < f1R / (f1 F - D1) < 0.055 \quad (1)$$

Here, f1F are the focal distance of pre-group G1F in the 1st lens group G1. Moreover, f1R is the focal distance of back group G1R in the 1st lens group G1. pre-group G1F [ furthermore, / in / an infinite distance body focus state / in D1 ] -- most -- the field by the side of an image and the distance G1 of back group G1R which met the optical axis between the fields by the side of a body most, i.e., a pre-group, -- it is an axial sky mind interval between F and back group G1R

[0013] When it exceeds the upper limit of conditional expression (1), the effective diameter and necessary focus movement magnitude of back group G1R which are a focussing-lens group become large too much, and it becomes impossible to attain outstanding AF performance which this invention makes the purpose. When less than the lower limit of conditional expression (1), near change of the spherical aberration by focus becomes large too much, and it becomes impossible on the other hand, to attain the outstanding optical-character ability which this invention makes the purpose. In addition, in order to secure the balance of AF performance and near change of the spherical aberration by focus still better, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (1) to 0.05, and to set a lower limit to 0.015.

[0014] Moreover, in this invention, while obtaining still better AF performance and an image formation performance, in order to make portability good, it is desirable to satisfy the following conditional expression (2) and (3).

$$0.04 < (|f23|, FW) / (f1, f4, \Delta D1) < 0.13 \quad (2)$$

$$2 \times 10^{-3} < |f2| / (f1, FW) < 3.8 \times 10^{-3} \quad (3)$$

f1 is the focal distance of the 1st lens group G1, f2 is the focal distance of the 2nd lens group G2 here, and f4 is the focal distance of the 4th lens group G4. Moreover, f23 is the synthetic focal distance of the 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3, and FW is the focal distance of the zoom lens whole system in a wide angle edge focal distance state. Furthermore, \*\*D1 is the movement magnitude (focus movement magnitude) of the direction of an optical axis of back group G1R in accordance with the focus to the body of the maximum point-blank range (7.5

times of a tele edge focal distance) from an infinite distance body.

[0015] Since it reaches 2nd lens group G2, the effective diameter of 3rd lens group G3 becomes large too much and it becomes impossible to build the motor for AF drive in the level difference portion of the circumference of a path with the effective diameter of the 1st lens group G1 when it exceeds the upper limit of conditional expression (2), it is not desirable. On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (2), since focus movement magnitude will become large too much and AF operation will become slow, it is not desirable. In addition, in order to obtain still better AF performance, it is desirable to set the lower limit of conditional expression (2) to 0.055.

[0016] Since the effective diameter of the 2nd lens group G2 becomes large too much and it becomes impossible to build in the motor for AF drive when it exceeds the upper limit of conditional expression (3), it is not desirable. On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (3), since the \*\* TTSUBARU sum will become large in the negative direction too much and a curvature of field will just become large, it is not desirable. In addition, in order to obtain the flat nature of a still better image formation side, it is the lower limit of conditional expression (3)  $3 \times 10^{-3}$  Carrying out is desirable.

[0017] Moreover, in this invention, it is desirable to constitute from the junction positive lens and positive-lens component of the meniscus negative lens which turned the convex to the body side for pre-group G1F in the 1st lens group G1 sequentially from the body side, and the meniscus positive lens which turned the convex to the body side, and to satisfy the following conditional expression (4).

$$0 < (R2 - R1) / (R2 + R1) < 1 \quad (4)$$

Here, R1 is the radius of curvature of the field by the side of the body of the junction positive lens in pre-group G1F. Moreover, R2 is the radius of curvature of the field by the side of the image of the junction positive lens in pre-group G1F.

[0018] Conditional expression (4) has specified the lens configuration of the junction positive lens in pre-group G1F. If it exceeds the upper limit of conditional expression (4), since change of the spherical aberration by focus will become large, it is not desirable. On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (4), since necessary focus movement magnitude will become large too much and AF operation will become slow, it is not desirable. In addition, while lessening change of the spherical aberration by focus further, in order to make AF performance into fitness further, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (4) to 0.95, and to set a lower limit to 0.25.

[0019] Moreover, in this invention, it is desirable to constitute chromatic aberration in fitness, to constitute 3rd lens group G3 from a junction positive lens of a positive-lens component, and a positive-lens component and a negative-lens component sequentially from a body side in an amendment sake, and to satisfy the following conditional expression (5) and (6) further.

$$1.4 < Np3 < 1.6 \quad (5)$$

$$62 < nup3 < 100 \quad (6)$$

Here, Np3 is a refractive index to d line ( $\lambda = 587.6\text{nm}$ ) of the positive-lens component which constitutes 3rd lens group G3. Moreover, nup3 is the Abbe number of the positive-lens component which constitutes 3rd lens group G3.

[0020] Since it becomes impossible to use only the optical glass with which the secondary chromatic aberration becomes bad as a positive lens when it exceeds the upper limit of conditional expression (5), it is not desirable. Moreover, it is the threshold value of the existing optical glass for visible rays, and since it will separate from the lower limit of conditional expression (5) greatly from the field of the invention of this invention if less than this lower limit, it is not desirable.

[0021] If it is taken into consideration combining conditional expression (5), it is the threshold value of the existing optical glass for visible rays, and since it will separate from the upper limit of conditional expression (6) greatly from the field of the invention of this invention if it exceeds this upper limit, it is not desirable. On the other hand, since it becomes impossible to use only the optical glass with which the secondary chromatic aberration becomes bad as a positive lens when less than the lower limit of conditional expression (6), it is not desirable.

[0022] Moreover, in this invention, in order to obtain still better optical-character ability, it is desirable to satisfy following conditional-expression (7) - (9).

$$0.25 < N_{n1} - N_{p1} < 0.55 \quad (7)$$

$$65 < n_{up1} < 100 \quad (8)$$

$$20 < n_{un1} < 30 \quad (9)$$

Here,  $N_{p1}$  and  $n_{up1}$  are the refractive indexes and the Abbe numbers to d line of the positive-lens component which constitutes back group G1R in the 1st lens group G1. Moreover,  $N_{n1}$  and  $n_{un1}$  are the refractive indexes and the Abbe numbers to d line of the meniscus negative lens which constitutes back group G1R in the 1st lens group G1.

[0023] Conditional expression (7) is the conditional expression of an amendment sake good about the spherical aberration of back group G1R in the 1st lens group G1. The optical glass for the lights exceeding the upper limit of conditional expression (7) does not exist now. On the other hand, if less than the lower limit of conditional expression (7), since the refractive-index difference of a positive-lens component and a meniscus negative lens will become small too much and the deflection of spherical aberration will become large, it is not desirable. In addition, in order to obtain still better optical-character ability, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (7) to 0.45, and to set a lower limit to 0.35.

[0024] It is the threshold value of the existing optical glass for visible rays, and since it will separate from the upper limit of conditional expression (8) greatly from the field of the invention of this invention if it exceeds this upper limit, it is not desirable. On the other hand, since it becomes impossible to be fully unable to amend secondary chromatic aberration when less than the lower limit of conditional expression (8), it is not desirable. In addition, in order to obtain still better optical-character ability, it is desirable to set the lower limit of conditional expression (8) to 70. Furthermore, in order to obtain good optical-character ability, cutting down the cost, it is desirable to set the upper limit of conditional expression (8) to 85.

[0025] If it is taken into consideration combining conditional expression (7), it is the threshold value of the existing optical glass for visible rays, and since it will separate from the upper limit of conditional expression (9) greatly from the field of the invention of this invention if it exceeds this upper limit, it is not desirable. Moreover, it is the threshold value of the optical glass for visible rays with which the lower limit of conditional expression (9) is also existing, and though it dares be less than this lower limit, since it becomes impossible to be fully unable to amend secondary chromatic aberration, it is not desirable. In addition, in order to obtain still better optical-character ability, it is desirable to set the lower limit of conditional expression (9) to 25.

[0026]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on an accompanying drawing. Setting in each example, the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of a large quantity of this invention consists of the 1st lens group G1 which has positive refractive power in order from a body side, a 2nd lens group G2 which has negative refractive power, 3rd lens group G3 which has positive refractive power, and a 4th lens group G4 which has positive refractive power. And the 1st lens group G1 consists of back group G1R which has positive refractive power stronger against order than pre-group G1F which have positive refractive power, and these pre-group G1F from a body side.

[0027] Moreover, back group G1R in the 1st lens group G1 consists of a meniscus negative lens which turned the convex to the body side, and a positive-lens component sequentially from the body side. furthermore, the variable power from a wide angle edge focal distance state to a tele edge focal distance state -- facing -- the 2nd lens group G2 -- an image side -- moving -- 3rd lens group G3 -- a body side -- going -- a concave-like locus -- meeting -- movement (a body side once [ namely, ] moving to an image side movement) -- carrying out -- the [ the 1st lens group G1 and ] -- 4 lens groups G4 are fixation among variable power Moreover, on the occasion of the focus to a short-distance body from an infinite distance body, back group G1R in the 1st lens group G1 moves to a body side.

[0028] The [1st example] Drawing 1 is drawing showing the composition of the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of a large quantity concerning the 1st example of this invention, and shows the position of each lens group in the infinite distance focus state in a wide

angle edge focal distance state. In the internal-focusing looking-far zoom lens of drawing 1, pre-group G1F in the 1st lens group G1 consist of a junction positive lens L11 of the meniscus negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus positive lens which turned the convex to the body side, and a meniscus positive lens L12 which turned the convex to the body side sequentially from the body side. Moreover, back group G1R in the 1st lens group G1 consists of a meniscus negative lens L13 which turned the convex to the body side, and a meniscus positive lens L14 which turned the convex to the body side sequentially from the body side.

[0029] Furthermore, the 2nd lens group G2 consists of a meniscus negative lens L21 which turned the convex to the body side, a junction positive lens L22 of a biconcave lens and a biconvex lens, and a biconcave lens L23 to which the concave surface of curvature strong against a body side was turned sequentially from the body side. Moreover, 3rd lens group G3 consists of junction positive lenses L32 of a biconvex lens L31 and a biconvex lens, and the meniscus negative lens that turned the concave surface to the body side sequentially from the body side. Furthermore, the 4th lens group G4 consists of the junction negative lens L42 of the meniscus positive lens L41 which turned the convex to the body side, and the meniscus positive lens which turned the convex to the body side and the meniscus negative lens which turned the convex to the body side, a biconvex lens L43 arranged by separating a big interval, a meniscus negative lens L44 which turned the concave surface to the body side, and a biconvex lens L45 sequentially from the body side. In addition, aperture-diaphragm S is prepared between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4, and this aperture-diaphragm S is fixation among variable power in the 4th lens group G4.

[0030] The value of the item of the 1st example of this invention is hung up over the next table (1). a table (1) -- setting -- F -- the focal distance of the zoom lens whole system -- FNO -- the f number -- beta -- a photography scale factor -- Bf -- a back focus -- D0 The distance (object distance) of a lens system which met the optical axis to the lens side by the side of a body (field by the side of the body of the junction positive lens L11 in the 1st lens group G1) most is expressed from the body, respectively. Moreover, as for the field number, r shows  $[d/n \text{ and } nu]$ , a refractive index and the Abbe number for the sequence of each lens side from a body side, respectively. [ as opposed to / in the radius of curvature of each lens side / d line ( $\lambda = 587.6\text{nm}$ ) for each lens spacing ]  $\phi 1F$  furthermore, the effective diameter of the junction positive lens L11 most arranged in pre-group G1F at the body side  $\phi 1R$  the effective diameter of the meniscus negative lens L13 most arranged in back group G1R at the body side The effective diameter of the biconvex lens L31 with which  $\phi 3$  has been most arranged in 3rd lens group G3 at the body side in the effective diameter of the meniscus negative lens L21 by which  $\phi 2$  has been most arranged in the 2nd lens group G2 at the body side is expressed, respectively.

[0031]

[Table 1]

F= 81.55 - a 194.00FNO= 2.9th page number r d nu n phi 1 97.0939 3.8000 25.41 1.805182  $\phi 1F=$   
71.5 2 72.6165 10.4000 82.52 1.497820 3 268.0849 0.1000 4 157.7721 5.3000 82.52 1.497820 5  
894.9563 (d5= adjustable) 650.7516 2.2000 23.82 1.846660  $\phi 1R=$  56.0 7 44.4939 1.8100 8  
53.1452 9.0000 70.41 1.487490 9 17654.5990 (d9= adjustable) 10 365.8054 1.5000 45.37 1.796681  
 $\phi 2=$  34.8 11 33.8586 7.5200 12 -51.2952 1.8000 70.41 1.487490 13 45.0578 6.000023.82  
1.846660 14 -287.2535 2.1100 15 -60.5102 1.8000 45.37 1.796681 16 8969.2140 (d16=  
adjustable) 17 165.9894 4.5000 82.52 1.497820  $\phi 3=$  36.8 18 -106.8038 0.2000 19 772.1751  
7.1000 82.52 1.497820 20-40.2253 2.0000 45.00 1.744000 21 -100.1483 (d21= adjustable) 22  
infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S)  
23 78.6671 3.5000 47.47 1.787971 24 216.2251 0.2000 25 39.9627 6.0000 82.52 1.497820 26  
168.8230 4.4000 36.27 1.620040 27 38.2994 30.5000 28 272.2610 5.0000 48.97 1.531721 29 -  
62.3609 14.8000 30 -36.5028 1.9000 33.89 1.803840 31 -160.6086 0.2000 32 137.3427 4.6000  
49.45 1.772789 33 -111.8713 (Bf) [the adjustable interval in a focus and variable power]  
An infinite distance focus state Wide angle edge focal distance Middle focal distance The tele  
edge focal distance F 81.5500 135.0000 194.0000D0 infinity infinity infinity d5 17.08501 17.08501



17.08501d 9 1.99906 16.04981 22.87155d16 32.05530 18.13596 1.61457d21 3.43076 3.29935  
 12.99901Bf 57.01947 57.0194757.01947 A point-blank range focus state Wide angle edge focal  
 distance Middle focal distance tele edge focal distance beta=0.06776 -0.11218-0.16286D0 1245:  
 1704 1245.1704 1245. 1704d5 8.48886 8.488868.48886d9 10.60231 24.65306 31.47480 d16  
 32.0553018.135961. [ 61457d21 ] 3.43076 3.29935 12.99901 Bf 57.01947 57.01947 57.01947 [a  
 conditional-expression correspondence value]  
 $f1=92.4694f2=-27.4621f3=105.4937f4=98.3299f23=-$   
 $88.5687f1F=206.1071f1R=142.2645FW=81.5500D1=17.0850\Delta D1=8.5962(1) -- f1R/(f1 F-D1)$   
 $=0.040(2) (|f23| \text{ and } FW)/(f1, f4, \Delta D1) =0.09(3) |f2|/(f1, FW) =3.6 \times 10^{-3}(4) (R2-R1) / (R2+R1)$   
 $=0.47(5) Np 3= 1.4978 () [ L31] \text{ And } L32$   
 $(6) nup3=82.52 (L31 \text{ and } L32)$

(7)  $Nn1-Np1=0.36(8) nup1=70.41(9) nun1=23.82[0032]$  When a table (1) is referred to, in the 1st  
 example, it is 56.0mm of 80 or less percent in the effective diameter ratio of pre-group G1F in  
 the 1st lens group G1, and, as for effective diameter  $\phi 1$  of back group G1R in 1st lens group G1  
 R, it turns out that it is a very compact design. Moreover, it turns out [ about 8.60mm and ] that  
 the focus movement magnitude  $\Delta D1$  of the focussing-lens group (back group G1R)  
 accompanying the focus to the maximum point-blank range body from an infinite distance body  
 is very few. Drawing 2 - drawing 7 are many aberration views of the 1st example. That is,  
drawing 2 is many aberration views in the infinite distance focus state in a wide angle edge focal  
 distance state, drawing 3 is many aberration views in the infinite distance focus state in a middle  
 focal distance state, and drawing 4 is many aberration views in the infinite distance focus state  
 in a tele edge focal distance state. Moreover, drawing 5 is many aberration views in the point-  
 blank range ( $R= 1500\text{mm}$  of photography distance) focus state in a wide angle edge focal  
 distance state, drawing 6 is many aberration views in the point-blank range ( $R= 1500\text{mm}$ ) focus  
 state in a middle focal distance state, and drawing 7 is many aberration views in the point-blank  
 range ( $R= 1500\text{mm}$ ) focus state in a tele edge focal distance state.

[0033] each aberration view -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture --  
 Y -- image quantity -- d -- d line ( $\lambda= 587.6\text{nm}$ ) -- in g, C shows C line ( $\lambda= 656.3\text{nm}$ ),  
 and F shows the F line ( $\lambda= 486.1\text{nm}$ ) for g line ( $\lambda= 435.8\text{nm}$ ), respectively Moreover, in  
 the aberration view which shows astigmatism, a solid line shows the sagittal image surface and  
 the dashed line shows the meridional image surface. Furthermore, the aberration view showing  
 the chromatic aberration of magnification is shown on the basis of d line. In the 1st example, it  
 turns out that many aberration is amended good ranging from the infinite distance focus state to  
 a point-blank range focus state in each focal distance state, and the outstanding image  
 formation performance is secured so that clearly from each aberration view.

[0034] The [2nd example] Drawing 8 is drawing showing the composition of the diameter ratio  
 internal-focusing looking-far zoom lens of a large quantity concerning the 2nd example of this  
 invention, and shows the position of each lens group in the infinite distance focus state in a wide  
 angle edge focal distance state. In the internal-focusing looking-far zoom lens of drawing 8, pre-  
 group G1F in the 1st lens group G1 consist of a junction positive lens L11 of the meniscus  
 negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus positive lens which  
 turned the convex to the body side, and a meniscus positive lens L12 which turned the convex  
 to the body side sequentially from the body side. Moreover, back group G1R in the 1st lens  
 group G1 consists of a meniscus negative lens L13 which turned the convex to the body side,  
 and a biconvex lens L14 which turned the convex with strong curvature to the body side  
 sequentially from the body side.

[0035] Furthermore, the 2nd lens group G2 consists of a meniscus negative lens L21 which  
 turned the convex to the body side, a junction positive lens L22 of a biconcave lens and a  
 biconvex lens, and a meniscus negative lens L23 which turned the concave surface of curvature  
 strong against a body side sequentially from the body side. Moreover, it consists of junction  
 positive lenses L32 of the meniscus positive lens by which 3rd lens group G3 turned the  
 biconvex lens L31 sequentially from the body side, and turned the concave surface to the body  
 side, and the meniscus negative lens which turned the concave surface to the body side.  
 Furthermore, the 4th lens group G4 consists of the junction negative lens L42 of the meniscus

positive lens L41 which turned the convex to the body side, and the meniscus positive lens which turned the convex to the body side and the meniscus negative lens which turned the convex to the body side, a biconvex lens L43 arranged by separating a big interval, a meniscus negative lens L44 which turned the concave surface to the body side, and a meniscus positive lens L45 which turned the convex to the body side sequentially from the body side. In addition, aperture-diaphragm S is prepared between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4, and this aperture-diaphragm S is fixation among variable power in the 4th lens group G4.

[0036] The value of the item of the 2nd example of this invention is hung up over the next table (2). a table (2) -- setting -- F -- the focal distance of the zoom lens whole system -- FNO -- the f number -- beta -- a photography scale factor -- Bf -- a back focus -- D0 The distance (object distance) of a lens system which met the optical axis to the lens side by the side of a body (field by the side of the body of the junction positive lens L11 in the 1st lens group G1) most is expressed from the body, respectively. Moreover, as for the field number,  $r$  shows  $[d/n \text{ and } nu]$  a refractive index and the Abbe number for the sequence of each lens side from a body side, respectively.  $[as \text{ opposed to } / \text{ in the radius of curvature of each lens side } / d \text{ line } (\lambda = 587.6nm) \text{ for each lens spacing}]$  phi1F furthermore, the effective diameter of the junction positive lens L11 most arranged in pre-group G1F at the body side phi1R the effective diameter of the meniscus negative lens L13 most arranged in back group G1R at the body side The effective diameter of the biconvex lens L31 with which phi 3 has been most arranged in 3rd lens group G3 at the body side in the effective diameter of the meniscus negative lens L21 by which phi 2 has been most arranged in the 2nd lens group G2 at the body side is expressed, respectively.

[0037]

[Table 2]

F= 81.55 -- a 194.00FNO= 2.9th page number  $r$   $d$   $nu$   $n$   $phi$  1 95.6835 2.8000 25.41 1.805182 phi1F= 69.8 2 69.9345 9.0000 82.52 1.497820 3 419.6538 0.1000 4 145.4966 5.0000 82.52 1.497820 5 311.1124 (d5= adjustable) 650.6221 2.2000 23.82 1.846660 phi1R= 56.3 7 44.8400 1.7000 8 54.5779 9.0000 70.41 1.487490 9 -15627.6829 (d9= adjustable) 10 168.4621 1.5000 46.54 1.804109 phi2= 34.8 11 30.5148 8.0000 12 -54.1893 1.5000 70.41 1.487490 13 40.4579 5.6000 23.82 1.846660 14 -544.2645 2.4000 15 -50.7200 1.5000 46.54 1.804109 16 -290.4023 (d16= adjustable) 17 151.0644 3.5000 67.87 1.593189 phi3= 37.2 18 -168.9103 0.2000 19 -1957.4846 6.7000 82.52 1.497820 20 -38.3700 1.5000 39.61 1.804540 21 -77.5643 (d21= adjustable) 22 infinity 1.0000 (aperture-diaphragm S)

23 75.8673 3.9000 46.54 1.804109 24 159.3674 0.1000 25 38.5965 7.1000 82.52 1.497820 26 282.4316 4.2000 36.27 1.620040 27 41.0820 28.4000 28 107.1704 6.2000 51.35 1.526820 29 -77.1837 14.8000 30 -34.2661 1.9000 33.89 1.803840 31 -90.1631 0.1000 32 90.4748 4.6000 49.52 1.744429 33 608.1616 (Bf) [the adjustable interval in a focus and variable power]

An infinite distance focus state Wide angle edge focal distance Middle focal distance The tele edge focal distance F 81.5500 135.0000 194.0000 D0 infinity infinity infinity d5 18.29019 18.29019 18.29019 d 9 1.83871 16.27602 23.30105 d16 32.56913 19.09128 3.04815 d21 4.16373 3.20427 12.22237 Bf 52.22757 52.22757 52.22756 A point-blank range focus state Wide angle edge focal distance Middle focal distance Tele edge focal distance beta -0.06733 -0.11146 -0.16182 D0 1256.8485 1256.8485 1256.8485 d5 9.64204 9.64204 9.64204 d9 10.48686 24.92417 31.94920 d16 32.56913 19.09128 3.04815 d21 4.16373 3.20427 12.22237 Bf 52.22757 52.22757 52.22756

[Conditional-expression correspondence value]

f1=90.9065 f2=-27.4554 f3=105.9381 f4=97.1867 f23=-

88.0836 f1F=211.8000 f1R=142.2492 FW=81.5500 D1=18.2902 delta D1=8.6482 (1) -- f1R/(f1 F-D1) =0.037(2) (|f23| and FW)/(f1, f4, delta D1) =0.09(3) |f2|/(f1, FW) =3.7x10-3(4) (R2-R1) / (R2+R1) =0.63(5) Np 3= 1.5932 (L31) -- 1.4978 (L32)

(6) nup3= -- 67.87 (L31) and 82.52 (L32)

(7) Nn1-Np1=0.36(8) nup1=70.41(9) nun1=23.82 [0038] When a table (2) is referred to, in the 2nd example, it is 56.3mm of 80 or less percent in the effective diameter ratio of pre-group G1F in the 1st lens group G1, and, as for effective diameter phi1 of back group G1R in 1st lens group G1 R, it turns out that it is a very compact design like the 1st example. Moreover, it turns out

[ about 8.65mm and ] that the focus movement magnitude  $\Delta D1$  of the focussing-lens group (back group G1R) accompanying the focus to the maximum point-blank range body from an infinite distance body is very few. Drawing 9 - drawing 14 are many aberration views of the 2nd example. That is, drawing 9 is many aberration views in the infinite distance focus state in a wide angle edge focal distance state, drawing 10 is many aberration views in the infinite distance focus state in a middle focal distance state, and drawing 11 is many aberration views in the infinite distance focus state in a tele edge focal distance state. Moreover, drawing 12 is many aberration views in the point-blank range ( $R=1500\text{mm}$  of photography distance) focus state in a wide angle edge focal distance state, drawing 13 is many aberration views in the point-blank range ( $R=1500\text{mm}$ ) focus state in a middle focal distance state, and drawing 14 is many aberration views in the point-blank range ( $R=1500\text{mm}$ ) focus state in a tele edge focal distance state.

[0039] each aberration view -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- Y -- image quantity -- d -- d line ( $\lambda=587.6\text{nm}$ ) -- in g, C shows C line ( $\lambda=656.3\text{nm}$ ), and F shows the F line ( $\lambda=486.1\text{nm}$ ) for g line ( $\lambda=435.8\text{nm}$ ), respectively. Moreover, in the aberration view which shows astigmatism, a solid line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface. Furthermore, the aberration view showing the chromatic aberration of magnification is shown on the basis of d line. Also in the 2nd example, it turns out like the 1st example that many aberration is amended good ranging from the infinite distance focus state to a point-blank range focus state in each focal distance state, and the outstanding image formation performance is secured so that clearly from each aberration view.

[0040] The [3rd example] Drawing 15 is drawing showing the composition of the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia concerning the 3rd example of this invention, and shows the position of each lens group in the infinite distance focus state in a wide angle edge focal distance state. In the internal-focusing looking-far zoom lens of drawing 15, pre-group G1F in the 1st lens group G1 consist of a junction positive lens L11 of the meniscus negative lens which turned the convex to the body side, and the meniscus positive lens which turned the convex to the body side, and a meniscus positive lens L12 which turned the convex to the body side sequentially from the body side. Moreover, back group G1R in the 1st lens group G1 consists of a meniscus negative lens L13 which turned the convex to the body side, and a meniscus positive lens L14 which turned the convex to the body side sequentially from the body side.

[0041] Furthermore, the 2nd lens group G2 consists of a meniscus negative lens L21 which turned the convex to the body side, a junction positive lens L22 of a biconcave lens and a biconvex lens, and a biconcave lens L23 to which the concave surface of curvature strong against a body side was turned sequentially from the body side. Moreover, 3rd lens group G3 consists of junction positive lenses L32 of a biconvex lens L31 and a biconvex lens, and the meniscus negative lens that turned the concave surface to the body side sequentially from the body side. Furthermore, the 4th lens group G4 consists of the meniscus positive lens L41 which turned the concave surface to the body side, the junction positive lens L42 of a biconvex lens and a biconcave lens, a biconvex lens L43 arranged by separating a big interval, a meniscus negative lens L44 which turned the concave surface to the body side, and a biconvex lens L45 sequentially from the body side. In addition, aperture-diaphragm S is prepared between 3rd lens group G3 and the 4th lens group G4, and this aperture-diaphragm S is fixation among variable power in the 4th lens group G4.

[0042] The value of the item of the 3rd example of this invention is hung up over the next table (3). a table (3) -- setting -- F -- the focal distance of the zoom lens whole system -- FNO -- the f number -- beta -- a photography scale factor -- Bf -- a back focus -- D0 The distance (object distance) of a lens system which met the optical axis to the lens side by the side of a body (field by the side of the body of the junction positive lens L11 in the 1st lens group G1) most is expressed from the body, respectively. Moreover, as for the field number, r shows [  $d/n$  and  $\nu$  ] a refractive index and the Abbe number for the sequence of each lens side from a body side, respectively. [ as opposed to / in the radius of curvature of each lens side / d line

( $\lambda = 587.6\text{nm}$ ) for each lens spacing ]  $\phi_1F$  furthermore, the effective diameter of the junction positive lens L11 most arranged in pre-group G1F at the body side  $\phi_1R$  the effective diameter of the meniscus negative lens L13 most arranged in back group G1R at the body side . The effective diameter of the biconvex lens L31 with which  $\phi_3$  has been most arranged in 3rd lens group G3 at the body side in the effective diameter of the meniscus negative lens L21 by which  $\phi_2$  has been most arranged in the 2nd lens group G2 at the body side is expressed, respectively.

[0043]

[Table 3]

F= 81.55 - a 194.00FNO= 2.9th page number r d nu n  $\phi_1$  103.0304 3.8000 25.41 1.805182  
 $\phi_1F$ = 70.0 2 75.9319 10.4000 82.52 1.497820 3 2098.0323 0.1000 4 98.3401 5.3000 82.52  
1.497820 5 112.4831 ( $d_5$ = adjustable) 650.6238 2.2000 23.82 1.846660  $\phi_1R$ = 55.6 7 44.6607  
1.8100 8 53.8307 9.0000 70.411.487490 9 54805.0040 ( $d_9$ = adjustable) 10 567.2324 1.5000 45.37  
1.796681  $\phi_2$ = 33.4 11 32.7801 7.5200 12 -48.3877 1.8000 82.52 1.497820 13 42.6565 6.0000  
23.82 1.846660 14 -319.5118 2.1100 15 -59.3823 1.8000 45.37 1.796681 16 2391.4031 ( $d_{16}$ =  
adjustable) 17 559.3605 5.0000 64.101.516800  $\phi_3$ = 36.4 18 -120.6075 0.2000 19 164.0804  
9.0000 95.25 1.433852 20 -40.1294 2.0000 45.37 1.796681 21 -74.7207 ( $d_{21}$ = adjustable) 22  
infinity 2.0000 (aperture-diaphragm S)  
23 -309.4489 3.5000 47.47 1.787971 24 -119.7066 0.2000 25 58.1442 8.0000 82.52 1.497820 26 -  
101.2693 4.4000 36.27 1.620040 27 124.9247 30.5000 28 244.9041 5.0000 48.97 1.531721 29 -  
65.6297 14.8000 30 -40.8352 1.9000 33.89 1.803840 31 -124.0269 0.2000 32 322.35045.5000  
49.45 1.772789 33 -158.3912 (Bf) [the adjustable interval in a focus and variable power]  
An infinite distance focus state Wide angle edge focal distance Middle focal distance The tele  
edge focal distance F 81.5500 135.0000 194.0000D0 infinity infinity infinityd5 19.67023 19.67023  
19.67023d 9 2.00000 17.94895 25.98066d16 25.01804 15.90695 4.24008d21 12.67257 5.83471  
9.46987Bf 69.71305 69.7130569.71305 A point-blank range focus state Wide angle edge focal  
distance Middle focal distance Tele edge focal distance beta -0.06928-0.11470 -0.16652D0 1225.  
3861 1225. 3861 1225. 3861d5 10.14062 10.1406210.14062 d9 11.52962 27.47857  
35.51028d1625.0180415.90695 4.24008 d21 12.672575.83471 9.46987 Bf 69.71305 69.71305  
69.71305 [Conditional-expression correspondence value]  
 $f_1=97.5593f_2=-25.0000f_3=106.6982f_4=91.0312f_{23}=-$   
 $63.9706f_1F=230.0000f_1R=142.0000FW=81.5500D_1=19.6702\Delta D_1=9.5296$  (1) --  $f_1R/(f_1 F-D_1)$   
 $=0.031$ (2) ( $|f_{23}|$  and  $FW$ )/( $f_1, f_4, \Delta D_1$ )  $=0.06$ (3)  $|f_2|/(f_1, FW) =3.1 \times 10^{-3}$ (4)  $(R_2-R_1) / (R_2+R_1)$   
 $=0.91$ (5)  $N_p$  3= 1.5168 (L31) -- 1.4339 (L32)  
(6)  $n_{p3}=-$  64.10 (L31) and 95.25 (L32)  
(7)  $N_{n1}-N_{p1}=0.36$ (8)  $n_{p1}=70.41$ (9)  $n_{n1}=23.82$ [0044] When a table (3) is referred to, in the 3rd

example, it is 55.6mm of 80 or less percent in the effective diameter ratio of pre-group G1F in the 1st lens group G1, and, as for effective diameter  $\phi_1$  of back group G1R in 1st lens group G1 R, it turns out that it is a very compact design like the 1st example and the 2nd example. Moreover, it turns out [ about 9.53mm and ] that the focus movement magnitude  $\Delta D_1$  of the focussing-lens group (back group G1R) accompanying the focus to the maximum point-blank range body from an infinite distance body is very few. Drawing 16 - drawing 21 are many aberration views of the 3rd example. That is, drawing 16 is many aberration views in the infinite distance focus state in a wide angle edge focal distance state, drawing 17 is many aberration views in the infinite distance focus state in a middle focal distance state, and drawing 18 is many aberration views in the infinite distance focus state in a tele edge focal distance state. Moreover, drawing 19 is many aberration views in the point-blank range ( $R= 1500\text{mm}$  of photography distance) focus state in a wide angle edge focal distance state, drawing 20 is many aberration views in the point-blank range ( $R= 1500\text{mm}$ ) focus state in a middle focal distance state, and drawing 21 is many aberration views in the point-blank range ( $R= 1500\text{mm}$ ) focus state in a tele edge focal distance state.

[0045] each aberration view -- setting -- FNO -- the f number -- NA -- numerical aperture -- Y -- image quantity -- d -- d line ( $\lambda = 587.6\text{nm}$ ) -- in g, C shows C line ( $\lambda = 656.3\text{nm}$ ), and F shows the F line ( $\lambda = 486.1\text{nm}$ ) for g line ( $\lambda = 435.8\text{nm}$ ), respectively Moreover, in

the aberration view which shows astigmatism, a solid line shows the sagittal image surface and the dashed line shows the meridional image surface. Furthermore, the aberration view showing the chromatic aberration of magnification is shown on the basis of d line. Also in the 3rd example, it turns out like the 1st example and the 2nd example that many aberration is amended good ranging from the infinite distance focus state to a point-blank range focus state in each focal distance state, and the outstanding image formation performance is secured so that clearly from each aberration view.

[0046] Drawing 22 is the \*\* type view showing roughly AF drive mechanism composition and zoom mechanism composition of the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia concerning each example of this invention. In addition, in drawing 22, although the zoom lens of the 1st example is used in instantiation, it is the same also to other examples. In drawing 22, the 1st lens group G1 reaches pre-group G1F, and the 4th lens group G4 is attached in the fixed part K through lens fixed cylinder R1F and the lens fixed cylinder R4, respectively. Moreover, it reaches 2nd lens group G2 and 3rd lens group G3 is attached in the zoom cam cylinder Z supported by the fixed part K through the lens fixed cylinder R2 and the lens fixed cylinder R3. Furthermore, back group G1R of the 1st lens group G1 is attached in the focal cam cylinder F through lens fixed cylinder R1R. The focal cam cylinder F is constituted so that a rotation drive may be carried out by the annulus ring type motor M supported by the fixed part K at the circumference of an optical axis.

[0047] As shown in drawing 22, since the variable power mechanism and the focus mechanism have been independent mutually with the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia of this invention, it is easy to be able to simplify AF drive mechanism composition and zoom mechanism composition, respectively, and to consider as structure strong also against the shock by vibration or fall. thus -- the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia of this invention -- the [ the 2nd lens group and ] -- the effective diameter of 3 lens groups can be made small, and the motor for AF drive can be arranged into the level difference portion of the circumference of a path with the effective diameter of the 1st lens group

[0048]

[Effect of the Invention] Maintaining the outstanding optical-character ability according to this invention, as explained above, the weight and focus movement magnitude of a focussing-lens group are small, and the f number can realize [ a tele edge focal distance / a variable power ratio ] three or less diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia by 180mm or more above double precision. Therefore, especially the diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia of this invention is suitable for an one eye reflex camera, an electronic still camera, etc. In addition, in this invention, since the effective diameter of a focussing-lens group is small as a diameter ratio internal-focusing looking-far zoom lens of macrostomia, a focussing-lens group can be lightweight-ized. Moreover, in this invention, although there is little focus movement magnitude, the image formation performance which was excellent ranging from the infinite distance focus state to a point-blank range focus state can be \*\*\*\*(ed).

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-19398  
(P2000-19398A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 15/16  
13/18

識別記号

F I  
G 0 2 B 15/16  
13/18

テームト\* (参考)  
2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平10-199713

(22) 出願日 平成10年6月30日 (1998.6.30)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 佐藤 進

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

Fターム (参考) 2H087 KA01 LA02 MA18 PA14 PA16

PB18 QA02 QA06 QA07 QA17

QA21 QA25 QA32 QA34 QA42

QA45 RA32 SA23 SA27 SA29

SA32 SA63 SA64 SA72 SA75

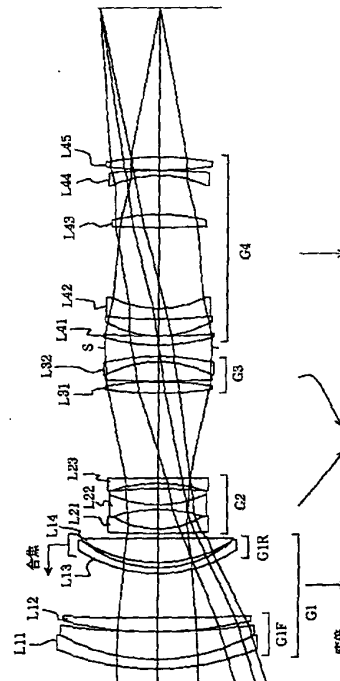
SB06 SB15 SB24 SB37

(54) 【発明の名称】 大口径比内焦式望遠ズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 優れた光学性能を維持しつつ、合焦レンズ群の重量および合焦移動量が小さく、望遠端焦点距離が180mm以上で、変倍比が2倍以上で、Fナンバーが3以下の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【解決手段】 正屈折力の第1レンズ群G1と負屈折力の第2レンズ群G2と正屈折力の第3レンズ群G3と正屈折力の第4レンズ群G4とを備え、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3を移動させて変倍を行う。第1レンズ群G1は、正屈折力の前群G1Fと強い正屈折力の後群G1Rとから構成され、後群G1Rはメニスカス負レンズと正レンズ成分とから構成されている。後群G1Rを移動させて合焦を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 とを備え、前記第 2 レンズ群 G 2 および前記第 3 レンズ群 G 3 を光軸に沿って移動させて変倍を行う望遠ズームレンズにおいて、  
前記第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群 G 1F と、該前群 G 1F よりも強い正の屈折力を有する後群 G 1R とから構成され、  
前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記後群 G 1R は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと、正レンズ成分とから構成され、  
前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記後群 G 1R を光軸に沿って移動させて合焦を行い、  
前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記前群 G 1F の焦点距離を  $f_{1F}$  とし、前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記後群 G 1R の焦点距離を  $f_{1R}$  とし、無限遠物体合焦状態における前記前群 G 1F の最も像側の面と前記後群 G 1R の最も物体側の面との間の光軸に沿った距離を  $D_1$  としたとき、  
 $0.005 < f_{1R} / (f_{1F} \cdot D_1) < 0.055$   
の条件を満足することを特徴とする大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【請求項 2】 前記第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を  $f_1$  とし、前記第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を  $f_2$  とし、前記第 4 レンズ群 G 4 の焦点距離を  $f_4$  とし、前記第 2 レンズ群 G 2 と前記第 3 レンズ群 G 3 との合成焦点距離を  $f_{23}$  とし、広角端焦点距離状態におけるズームレンズ全系の焦点距離を  $FW$  とし、無限遠物体から最至近距離（望遠端焦点距離の 7.5 倍）の物体への合焦に伴う前記後群 G 1R の光軸方向の移動量を  $\Delta D_1$  としたとき、  
 $0.04 < (|f_{23}| \cdot FW) / (f_1 \cdot f_4 \cdot \Delta D_1) < 0.13$   
 $2 \times 10^{-3} < |f_2| / (f_1 \cdot FW) < 3.8 \times 10^{-3}$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【請求項 3】 前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記前群 G 1F は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズとの接合正レンズと、正レンズ成分とから構成され、  
前記前群 G 1F 中の前記接合正レンズの物体側の面の曲率半径を  $R_1$  とし、前記接合正レンズの像側の面の曲率半径を  $R_2$  としたとき、  
 $0 < (R_2 - R_1) / (R_2 + R_1) < 1$   
の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、正レンズ成分と、正レンズ成分と負レンズ成分との接合正レンズとから構成され、

前記第 3 レンズ群 G 3 を構成する正レンズ成分の  $d$  線に対する屈折率を  $N_{p3}$  とし、前記第 3 レンズ群 G 3 を構成する正レンズ成分のアッベ数を  $\nu_{p3}$  としたとき、

$$1.4 < N_{p3} < 1.6$$

$$62 < \nu_{p3} < 100$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【請求項 5】 前記第 1 レンズ群 G 1 中の前記後群 G 1R を構成する前記正レンズ成分の  $d$  線に対する屈折率を  $N_{p1}$  とし、前記後群 G 1R を構成する前記正レンズ成分のアッベ数を  $\nu_{p1}$  とし、前記後群 G 1R を構成する前記メニスカス負レンズの  $d$  線に対する屈折率を  $N_{n1}$  とし、前記後群 G 1R を構成する前記メニスカス負レンズのアッベ数を  $\nu_{n1}$  としたとき、

$$0.25 < N_{n1} - N_{p1} < 0.55$$

$$65 < \nu_{p1} < 100$$

$$20 < \nu_{n1} < 30$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

【請求項 6】 広角端焦点距離状態から望遠端焦点距離状態への変倍に際して、前記第 2 レンズ群 G 2 は像側へ移動し、前記第 3 レンズ群 G 3 は一旦像側へ移動した後、物体側へ移動し、前記第 1 レンズ群 G 1 および前記第 4 レンズ群 G 4 は光軸に沿って固定であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の大口径比内焦式望遠ズームレンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は大口径比内焦式望遠ズームレンズに関し、特に一眼レフレックスカメラや電子スチルカメラなどに好適な合焦用対物レンズに関するものである。さらに詳細には、望遠端焦点距離が 180 mm 以上で、変倍比が 2 倍以上で、且つ F ナンバーが 3 よりも小さい、いわゆる大口径比内焦式望遠ズームレンズに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、最も物体側に配置された第 1 レンズ群を移動させて焦点合わせ（合焦）を行う、いわゆる 1 群繰り出し合焦方式の大口径比望遠ズームレンズが、一眼レフレックスカメラや電子スチルカメラなどに用いられている。この種の 1 群繰り出し合焦方式の大口径比望遠ズームレンズでは、合焦に際して光軸に沿って移動する合焦レンズ群（第 1 レンズ群）の有効径が大きく且つその重量が大きいため、自動合焦（AF：オートフォーカス）の際に駆動用のモーターに対する負荷が大きくなる。その結果、1 群繰り出し合焦方式の大口径比望遠ズームレンズを用いたカメラでは、電池消費量が過大になり、電池寿命が短くなるという欠点があった。また、合焦に伴う合焦レンズ群の移動量（合焦移動量）も大きいため、AF 駆動時間が長くなり、迅速な撮影に不

向きであるという欠点があった。

【0003】上述の欠点を解決するために、特開平6-51202号公報には、変倍中固定の第1レンズ群を正屈折力の前群と正屈折力の後群とに2分割し、合焦レンズ群として後群を光軸方向に移動させる合焦方式が提案されている。また、上述の欠点を解決するために、特開平7-294816号公報に開示されたズームレンズでは、特開平6-51202号公報の後群に相当する部分を広角端焦点距離状態から望遠端焦点距離状態への変倍に際して像側へ移動させ、且つ合焦に際しても単独で光軸方向に移動させている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】特開平6-51202号公報に開示された望遠ズームレンズでは、合焦レンズ群を1枚の正レンズで構成することにより合焦レンズ群の軽量化には成功しているが、合焦最至近距離が望遠端焦点距離状態では、3mm～8.4mmと非常に大きく一般撮影レンズとしては不十分である。仮に、本発明が目的としている撮影距離（1.5m）まで合焦レンズ群を移動させると、合焦レンズ群の所要合焦移動量が16.6mm～18.7mmと大きくなり、迅速なAF駆動を行うことができない。また、合焦レンズ群に1枚の正レンズしか使用していないため、合焦レンズ群の球面収差が良好に補正されていない。その結果、望遠端焦点距離状態での合焦による球面収差の至近変動が大きすぎて、やはり一般撮影レンズとしては使い物にならない。

【0005】一方、特開平7-294816号公報に開示されたズームレンズでは、上述の構成により合焦レンズ群の有効径を小さくすることができるため、合焦レンズ群の軽量化が可能になっている。また、合焦レンズ群の移動量も8.3mm～13.4mmと比較的小さくすることに成功している。更に、合焦レンズ群をメニスカス負レンズとメニスカス正レンズとの2群2枚で構成することにより、合焦レンズ群の球面収差を良好に補正することが可能となり、合焦による球面収差の至近変動（特に望遠端焦点距離状態）を軽減している。

【0006】しかしながら、特開平7-294816号公報に開示のズームレンズでは、変倍に際して合焦レンズ群を移動させているので、合焦レンズ群の合焦移動量が焦点距離に依存して変化することになる。これは、この光学系が実際にはズームレンズではなくバリフォーカルレンズになっていることを示している。したがって、この光学系をあたかもズームレンズのごとく扱うことができるように構成するには、合焦用移動筒と変倍用カム筒とを変倍に際して連動させるための連動部材を付加しなければならない。その結果、AF駆動用モーターが駆動すべき合焦レンズ群の重量（金物重量まで含めた）には、合焦レンズ群用の金物の重量の他に変倍レンズ群との連動部材の重量も加わるため、AF駆動用モーターの負担が全体的にかなり重いものとなってしまう。

【0007】また、特開平7-294816号公報の開示技術をレンズ組み立ての観点から考察すれば、テレフォトタイプの前群（ここでは変倍レンズ群よりも前にあるレンズ群）の一部である合焦レンズ群が偏芯すると結像面が大きく倒れる傾向にあるにもかかわらず、合焦レンズ群のガタが合焦のための可動部分のガタと変倍レンズ群との連結ガタとの総和になるため、合焦レンズ群の偏芯量が非常に大きな偏芯量となってしまう、実製品において結像面の平坦性を維持することが非常に困難となっている。

【0008】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、優れた光学性能を維持しつつ、合焦レンズ群の重量および合焦移動量が小さく、望遠端焦点距離が180mm以上で、変倍比が2倍以上で、Fナンバーが3以下の大口径比内焦式望遠ズームレンズを提供することを目的とする。また、第2レンズ群および第3レンズ群の有効径を小さくして、第1レンズ群の有効径との径周りの段差部分にAF駆動用モーターを配置することのできる大口径比内焦式望遠ズームレンズを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明では、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備え、前記第2レンズ群G2および前記第3レンズ群G3を光軸に沿って移動させて変倍を行う望遠ズームレンズにおいて、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G1Fと、該前群G1Fよりも強い正の屈折力を有する後群G1Rとから構成され、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと、正レンズ成分とから構成され、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rを光軸に沿って移動させて合焦を行い、前記第1レンズ群G1中の前記前群G1Fの焦点距離を $f_{1F}$ とし、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rの焦点距離を $f_{1R}$ とし、無限遠物体合焦状態における前記前群G1Fの最も像側の面と前記後群G1Rの最も物体側の面との間の光軸に沿った距離を $D_1$ としたとき、

$$0.005 < f_{1R} / (f_{1F} \cdot D_1) < 0.055$$

の条件を満足することを特徴とする大口径比内焦式望遠ズームレンズを提供する。

【0010】本発明の好ましい態様によれば、前記第1レンズ群G1の焦点距離を $f_1$ とし、前記第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、前記第4レンズ群G4の焦点距離を $f_4$ とし、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3との合成焦点距離を $f_{23}$ とし、広角端焦点距離状態におけるズームレンズ全系の焦点距離を $F_W$ とし、無限遠物体から最至近距離（望遠端焦点距離の7、



5倍)の物体への合焦に伴う前記後群G1Rの光軸方向の移動量を $\Delta D1$ としたとき、

$$0.04 < (|f_{23}| \cdot FW) / (f_1 \cdot f_4 \cdot \Delta D1) < 0.13$$

$$2 \times 10^{-3} < |f_2| / (f_1 \cdot FW) < 3.8 \times 10^{-3}$$

の条件を満足する。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】本発明では、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4とを備えている。そして、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3を光軸に沿って移動させる

$$0.005 < f_{1R} / (f_{1F} \cdot D1) < 0.055 \quad (1)$$

ここで、 $f_{1F}$ は、第1レンズ群G1中の前群G1Fの焦点距離である。また、 $f_{1R}$ は、第1レンズ群G1中の後群G1Rの焦点距離である。さらに、 $D1$ は、無限遠物体合焦状態における前群G1Fの最も像側の面と後群G1Rの最も物体側の面との間の光軸に沿った距離、すなわち前群G1Fと後群G1Rとの間の軸上空気間隔である。

【0013】条件式(1)の上限値を上回ると、合焦レンズ群である後群G1Rの有効径および所要合焦移動量が大きくなりすぎて、本発明が目的とする優れたAF性能を達成することができなくなる。一方、条件式(1)の

$$0.04 < (|f_{23}| \cdot FW) / (f_1 \cdot f_4 \cdot \Delta D1) < 0.13 \quad (2)$$

$$2 \times 10^{-3} < |f_2| / (f_1 \cdot FW) < 3.8 \times 10^{-3} \quad (3)$$

ここで、 $f_1$ は第1レンズ群G1の焦点距離であり、 $f_2$ は第2レンズ群G2の焦点距離であり、 $f_4$ は第4レンズ群G4の焦点距離である。また、 $f_{23}$ は第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との合成焦点距離であり、 $FW$ は広角端焦点距離状態におけるズームレンズ全系の焦点距離である。さらに、 $\Delta D1$ は、無限遠物体から最至近距離(望遠端焦点距離の7.5倍)の物体への合焦に伴う後群G1Rの光軸方向の移動量(合焦移動量)である。

【0015】条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3の有効径が大きくなりすぎて、第1レンズ群G1の有効径との径周りの段差部分にAF駆動用モーターを内蔵することができなくなるので好ましくない。一方、条件式(2)の下限値を下回ると、合焦移動量が大きくなりすぎて、AF作動が遅くなるので好ましくない。なお、更に良好なAF性能を得るには、条件式(2)の下限値を0.055とすることが好ましい。

【0016】条件式(3)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の有効径が大きくなりすぎて、AF駆動用モーターを内蔵することができなくなるので好ましくない。一方、条件式(3)の下限値を下回ると、ベッツバール和が負方向に大きくなりすぎて、像面湾曲が正に大きくなるので好ましくない。なお、更に良好な結像面の

ことによって、広角端焦点距離状態から望遠端焦点距離状態までの変倍を行う。また、第1レンズ群G1は、物体側から順に、正屈折力の前群G1Fと、この前群G1Fよりも強い正屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。さらに、第1レンズ群G1中の後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと、正レンズ成分とから構成されている。また、合焦方式として、第1レンズ群G1中の後群G1Rを光軸に沿って移動させて合焦を行う、いわゆる内焦式が採用されている。以下、本発明の各条件式を参照しながら、本発明の構成をさらに詳細に説明する。

【0012】まず、本発明においては、以下の条件式(1)を満足する。

下限値を下回ると、合焦による球面収差の至近変動が大きくなりすぎて、本発明が目的とする優れた光学性能を達成することができなくなる。なお、AF性能と合焦による球面収差の至近変動とのバランスを更に良好に確保するには、条件式(1)の上限値を0.05とし、下限値を0.015とすることが好ましい。

【0014】また、本発明においては、更に良好なAF性能および結像性能を得るとともに携帯性を良好にするために、以下の条件式(2)および(3)を満足することが望ましい。

平坦性を得るには、条件式(3)の下限値を $3 \times 10^{-3}$ とすることが好ましい。

【0017】また、本発明においては、第1レンズ群G1中の前群G1Fを、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズとの接合正レンズと、正レンズ成分とから構成し、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$0 < (R2 - R1) / (R2 + R1) < 1 \quad (4)$$

ここで、 $R1$ は、前群G1F中の接合正レンズの物体側の面の曲率半径である。また、 $R2$ は、前群G1F中の接合正レンズの像側の面の曲率半径である。

【0018】条件式(4)は、前群G1F中の接合正レンズのレンズ形状について規定している。条件式(4)の上限値を上回ると、合焦による球面収差の変動が大きくなるので好ましくない。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、所要合焦移動量が大きくなりすぎて、AF作動が遅くなるので好ましくない。なお、合焦による球面収差の変動をさらに少なくするとともにAF性能をさらに良好にするには、条件式(4)の上限値を0.95とし、下限値を0.25とすることが好ましい。

【0019】また、本発明においては、色収差をさらに良好に補正するために、第3レンズ群G3を、物体側から順に、正レンズ成分と、正レンズ成分と負レンズ成分

との接合正レンズとから構成し、以下の条件式 (5) および (6) を満足することが望ましい。

$$1.4 < N_{p3} < 1.6 \quad (5)$$

$$62 < \nu_{p3} < 100 \quad (6)$$

ここで、 $N_{p3}$ は、第3レンズ群G3を構成する正レンズ成分のd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) に対する屈折率である。また、 $\nu_{p3}$ は、第3レンズ群G3を構成する正レンズ成分のアップベ数である。

【0020】条件式 (5) の上限値を上回ると、正レンズとしては2次の色収差が悪くなる光学硝子しか使うことができなくなるので好ましくない。また、条件式

(5) の下限値は、現存する可視光線用の光学硝子の限界値であり、この下限値を下回ると本発明の利用分野から大きく外れるので好ましくない。

【0021】条件式 (6) の上限値は、条件式 (5) と組み合わせて考慮すれば、現存する可視光線用の光学硝子の限界値であり、この上限値を上回ると本発明の利用分野から大きく外れるので好ましくない。一方、条件式 (6) の下限値を下回ると、正レンズとしては2次の色収差が悪くなる光学硝子しか使うことができなくなるので好ましくない。

【0022】また、本発明においては、更に良好な光学性能を得るために、以下の条件式 (7) ~ (9) を満足することが望ましい。

$$0.25 < N_{n1} - N_{p1} < 0.55 \quad (7)$$

$$65 < \nu_{p1} < 100 \quad (8)$$

$$20 < \nu_{n1} < 30 \quad (9)$$

ここで、 $N_{p1}$ および $\nu_{p1}$ は、第1レンズ群G1中の後群G1Rを構成する正レンズ成分のd線に対する屈折率およびアップベ数である。また、 $N_{n1}$ および $\nu_{n1}$ は、第1レンズ群G1中の後群G1Rを構成するメニスカス負レンズのd線に対する屈折率およびアップベ数である。

【0023】条件式 (7) は、第1レンズ群G1中の後群G1Rの球面収差を良好に補正するための条件式である。条件式 (7) の上限値を上回る可視光用光学硝子は、現在では存在しない。一方、条件式 (7) の下限値を下回ると、正レンズ成分とメニスカス負レンズとの屈折率差が小さくなりすぎて、球面収差の曲がりが大きくなるので好ましくない。なお、更に良好な光学性能を得るには、条件式 (7) の上限値を0.45とし、下限値を0.35とすることが好ましい。

【0024】条件式 (8) の上限値は、現存する可視光線用の光学硝子の限界値であり、この上限値を上回ると本発明の利用分野から大きく外れるので好ましくない。一方、条件式 (8) の下限値を下回ると、2次色収差が十分に補正しきれなくなるので、好ましくない。なお、更に良好な光学性能を得るには、条件式 (8) の下限値を70とすることが好ましい。また、更にコストダウンを行いつつ良好な光学性能を得るには、条件式 (8) の上限値を85とすることが好ましい。

【0025】条件式 (9) の上限値は、条件式 (7) と組み合わせて考慮すれば、現存する可視光線用の光学硝子の限界値であり、この上限値を上回ると本発明の利用分野から大きく外れるので好ましくない。また、条件式 (9) の下限値も現存する可視光線用の光学硝子の限界値であり、あえてこの下限値を下回ったとしても2次色収差が十分に補正しきれなくなるので好ましくない。なお、更に良好な光学性能を得るには、条件式 (9) の下限値を25とすることが好ましい。

#### 【0026】

【実施例】以下、本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。各実施例において、本発明の大口径比内焦式望遠ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。そして、第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G1Fと、この前群G1Fよりも強い正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。

【0027】また、第1レンズ群G1中の後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと、正レンズ成分とから構成されている。さらに、広角端焦点距離状態から望遠端焦点距離状態への変倍に際して、第2レンズ群G2は像側へ移動し、第3レンズ群G3は物体側に向かって凹形状の軌跡に沿って移動（すなわち一旦像側へ移動した後に物体側へ移動）し、第1レンズ群G1および第4レンズ群G4は変倍中固定である。また、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、第1レンズ群G1中の後群G1Rは物体側へ移動する。

【0028】〔第1実施例〕図1は、本発明の第1実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。図1の内焦式望遠ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1中の前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズとの接合正レンズL11、および物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL12から構成されている。また、第1レンズ群G1中の後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL13、および物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL14から構成されている。

【0029】さらに、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL21、両凹レンズと両凸レンズとの接合正レンズL22、および物体側に強い曲率の凹面を向けた両凹レンズL23から構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、および両凸レンズと物体側に凹

面を向けたメニスカス負レンズとの接合正レンズL32から構成されている。さらに、第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL41、物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズとの接合負レンズL42、大きな間隔を隔てて配置された両凸レンズL43、物体側に凹面を向けたメニスカス負レンズL44、および両凸レンズL45から構成されている。なお、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間には開口絞りSが設けられ、この開口絞りSは第4レンズ群G4とともに変倍中固定である。

【0030】次の表(1)に、本発明の第1実施例の諸元の値を掲げる。表(1)において、Fはズームレンズ全系の焦点距離を、FNOはFナンバーを、 $\beta$ は撮影倍率を、Bfはバックフォーカスを、D0は物体からレンズ系の最も物体側のレンズ面(第1レンズ群G1中の接合

正レンズL11の物体側の面)までの光軸に沿った距離(物体距離)をそれぞれ表している。また、面番号は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよび $\nu$ はそれぞれd線( $\lambda=587.6\text{nm}$ )に対する屈折率およびアッベ数を示している。さらに、 $\Phi 1F$ は前群G1Fにおいて最も物体側に配置された接合正レンズL11の有効径を、 $\Phi 1R$ は後群G1Rにおいて最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL13の有効径を、 $\Phi 2$ は第2レンズ群G2において最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL21の有効径を、 $\Phi 3$ は第3レンズ群G3において最も物体側に配置された両凸レンズL31の有効径をそれぞれ表している。

【0031】

【表1】

F=81.55~194.00

FNO=2.9

面番号	r	d	$\nu$	n	$\Phi$
1	97.0939	3.8000	25.41	1.805182	$\Phi 1F=71.5$
2	72.6165	10.4000	82.52	1.497820	
3	268.0849	0.1000			
4	157.7721	5.3000	82.52	1.497820	
5	894.9563	(d5=可変)			
6	50.7516	2.2000	23.82	1.846660	$\Phi 1R=56.0$
7	44.4939	1.8100			
8	53.1452	9.0000	70.41	1.487490	
9	17654.5990	(d9=可変)			
10	365.8054	1.5000	45.37	1.796681	$\Phi 2=34.8$
11	33.8586	7.5200			
12	-51.2952	1.8000	70.41	1.487490	
13	45.0578	6.0000	23.82	1.846660	
14	-287.2535	2.1100			
15	-60.5102	1.8000	45.37	1.796681	
16	8969.2140	(d16=可変)			
17	165.9894	4.5000	82.52	1.497820	$\Phi 3=36.8$
18	-106.8038	0.2000			
19	772.1751	7.1000	82.52	1.497820	
20	-40.2253	2.0000	45.00	1.744000	
21	-100.1483	(d21=可変)			
22	$\infty$	1.0000			(開口絞りS)
23	78.6671	3.5000	47.47	1.787971	
24	216.2251	0.2000			
25	39.9627	6.0000	82.52	1.497820	
26	168.8230	4.4000	36.27	1.620040	
27	38.2994	30.5000			

28	272.2610	5.0000	48.97	1.531721
29	-62.3609	14.8000		
30	-36.5028	1.9000	33.89	1.803840
31	-160.6086	0.2000		
32	137.3427	4.6000	49.45	1.772789
33	-111.8713	(Bf)		

〔合焦および変倍における可変間隔〕

## 無限遠合焦状態

	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
F	81.5500	135.0000	194.0000
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
d5	17.08501	17.08501	17.08501
d9	1.99906	16.04981	22.87155
d16	32.05530	18.13596	1.61457
d21	3.43076	3.29935	12.99901
Bf	57.01947	57.01947	57.01947

## 至近距離合焦状態

	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
$\beta$	-0.06776	-0.11218	-0.16286
D0	1245.1704	1245.1704	1245.1704
d5	8.48886	8.48886	8.48886
d9	10.60231	24.65306	31.47480
d16	32.05530	18.13596	1.61457
d21	3.43076	3.29935	12.99901
Bf	57.01947	57.01947	57.01947

〔条件式対応値〕

$f1 = 92.4694$   
 $f2 = -27.4621$   
 $f3 = 105.4937$   
 $f4 = 98.3299$   
 $f23 = -88.5687$   
 $f1F = 206.1071$   
 $f1R = 142.2645$   
 $FW = 81.5500$   
 $D1 = 17.0850$   
 $\Delta D1 = 8.5962$

- (1)  $f1R / (f1F \cdot D1) = 0.040$
- (2)  $(|f23| \cdot FW) / (f1 \cdot f4 \cdot \Delta D1) = 0.09$
- (3)  $|f2| / (f1 \cdot FW) = 3.6 \times 10^{-3}$
- (4)  $(R2 - R1) / (R2 + R1) = 0.47$
- (5)  $Np3 = 1.4978$  (L31およびL32)
- (6)  $vp3 = 82.52$  (L31およびL32)
- (7)  $Nn1 - Np1 = 0.36$
- (8)  $vp1 = 70.41$
- (9)  $vn1 = 23.82$

【0032】表(1)を参照すると、第1実施例では、第1レンズ群G1中の後群G1Rの有効径 $\Phi 1R$ は、第1レンズ群G1中の前群G1Fとの有効径比で8割以下の56.0mmであり、非常にコンパクトな設計となっていることがわかる。また、無限遠物体から最至近距離物体

への合焦に伴う合焦レンズ群(後群G1R)の合焦移動量 $\Delta D1$ は約8.60mmと非常に少ないことがわかる。図2～図7は、第1実施例の諸収差図である。すなわち、図2は広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図であり、図3は中間焦点距離状態での無限

遠合焦状態における諸収差図であり、図4は望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。また、図5は広角端焦点距離状態での至近距離（撮影距離  $R=1500\text{mm}$ ）合焦状態における諸収差図であり、図6は中間焦点距離状態での至近距離（ $R=1500\text{mm}$ ）合焦状態における諸収差図であり、図7は望遠端焦点距離状態での至近距離（ $R=1500\text{mm}$ ）合焦状態における諸収差図である。

【0033】各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）を、gはg線（ $\lambda=435.8\text{nm}$ ）を、CはC線（ $\lambda=656.3\text{nm}$ ）を、FはF線（ $\lambda=486.1\text{nm}$ ）をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、倍率色収差を示す収差図は、d線を基準として示されている。各収差図から明らかなように、第1実施例では、各焦点距離状態において無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0034】〔第2実施例〕図8は、本発明の第2実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。図8の内焦式望遠ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1中の前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズとの接合正レンズL11、および物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL12から構成されている。また、第1レンズ群G1中の後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL13、および物体側に曲率の強い凸面を向けた両凸レンズL14から構成されている。

【0035】さらに、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL21、両凹レンズと両凸レンズとの接合正レンズL22、および

物体側に強い曲率の凹面を向けたメニスカス負レンズL23から構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、および物体側に凹面を向けたメニスカス正レンズと物体側に凹面を向けたメニスカス負レンズとの接合正レンズL32から構成されている。さらに、第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL41、物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズとの接合負レンズL42、大きな間隔を隔てて配置された両凸レンズL43、物体側に凹面を向けたメニスカス負レンズL44、および物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL45から構成されている。なお、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間には開口絞りSが設けられ、この開口絞りSは第4レンズ群G4とともに変倍中固定である。

【0036】次の表（2）に、本発明の第2実施例の諸元の値を掲げる。表（2）において、Fはズームレンズ全系の焦点距離を、FNOはFナンバーを、 $\beta$ は撮影倍率を、Bfはバックフォーカスを、D0は物体からレンズ系の最も物体側のレンズ面（第1レンズ群G1中の接合正レンズL11の物体側の面）までの光軸に沿った距離

（物体距離）をそれぞれ表している。また、面番号は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよびvはそれぞれd線（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）に対する屈折率およびアッベ数を示している。さらに、 $\Phi 1F$ は前群G1Fにおいて最も物体側に配置された接合正レンズL11の有効径を、 $\Phi 1R$ は後群G1Rにおいて最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL13の有効径を、 $\Phi 2$ は第2レンズ群G2において最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL21の有効径を、 $\Phi 3$ は第3レンズ群G3において最も物体側に配置された両凸レンズL31の有効径をそれぞれ表している。

【0037】

【表2】

F=81.55~194.00					
FNO=2.9					
面番号	r	d	v	n	$\Phi$
1	95.6835	2.8000	25.41	1.805182	$\Phi 1F=69.8$
2	69.9345	9.0000	82.52	1.497820	
3	419.6538	0.1000			
4	145.4966	5.0000	82.52	1.497820	
5	311.1124	(d5=可変)			
6	50.6221	2.2000	23.82	1.846660	$\Phi 1R=56.3$
7	44.8400	1.7000			
8	54.5779	9.0000	70.41	1.487490	
9	-15627.6829	(d9=可変)			
10	168.4621	1.5000	46.54	1.804109	$\Phi 2=34.8$
11	30.5148	8.0000			

12	-54.1893	1.5000	70.41	1.487490	
13	40.4579	5.6000	23.82	1.846660	
14	-544.2645	2.4000			
15	-50.7200	1.5000	46.54	1.804109	
16	-290.4023	(d16=可変)			
17	151.0644	3.5000	67.87	1.593189	$\Phi 3 = 37.2$
18	-168.9103	0.2000			
19	-1957.4846	6.7000	82.52	1.497820	
20	-38.3700	1.5000	39.61	1.804540	
21	-77.5643	(d21=可変)			
22	$\infty$	1.0000			(開口絞り S)
23	75.8673	3.9000	46.54	1.804109	
24	159.3674	0.1000			
25	38.5965	7.1000	82.52	1.497820	
26	282.4316	4.2000	36.27	1.620040	
27	41.0820	28.4000			
28	107.1704	6.2000	51.35	1.526820	
29	-77.1837	14.8000			
30	-34.2661	1.9000	33.89	1.803840	
31	-90.1631	0.1000			
32	90.4748	4.6000	49.52	1.744429	
33	608.1616	(Bf)			

〔合焦および変倍における可変間隔〕

## 無限遠合焦状態

	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
F	81.5500	135.0000	194.0000
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
d5	18.29019	18.29019	18.29019
d9	1.83871	16.27602	23.30105
d16	32.56913	19.09128	3.04815
d21	4.16373	3.20427	12.22237
Bf	52.22757	52.22757	52.22756

## 至近距離合焦状態

	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
$\beta$	-0.06733	-0.11146	-0.16182
D0	1256.8485	1256.8485	1256.8485
d5	9.64204	9.64204	9.64204
d9	10.48686	24.92417	31.94920
d16	32.56913	19.09128	3.04815
d21	4.16373	3.20427	12.22237
Bf	52.22757	52.22757	52.22756

〔条件式対応値〕

$f1 = 90.9065$   
 $f2 = -27.4554$   
 $f3 = 105.9381$   
 $f4 = 97.1867$   
 $f23 = -88.0836$   
 $f1F = 211.8000$   
 $f1R = 142.2492$   
 $FW = 81.5500$

- $D1 = 18.2902$   
 $\Delta D1 = 8.6482$   
 (1)  $f1R / (f1F \cdot D1) = 0.037$   
 (2)  $(|f23| \cdot FW) / (f1 \cdot f4 \cdot \Delta D1) = 0.09$   
 (3)  $|f2| / (f1 \cdot FW) = 3.7 \times 10^{-3}$   
 (4)  $(R2 - R1) / (R2 + R1) = 0.63$   
 (5)  $Np3 = 1.5932$  (L31)、 $1.4978$  (L32)  
 (6)  $\nu p3 = 67.87$  (L31)、 $82.52$  (L32)  
 (7)  $Nn1 - Np1 = 0.36$   
 (8)  $\nu p1 = 70.41$   
 (9)  $\nu n1 = 23.82$

【0038】表(2)を参照すると、第2実施例では、第1レンズ群G1中の後群G1Rの有効径 $\Phi 1R$ は、第1レンズ群G1中の前群G1Fとの有効径比で8割以下の56.3mmであり、第1実施例と同様に非常にコンパクトな設計となっていることがわかる。また、無限遠物体から最至近距離物体への合焦に伴う合焦レンズ群(後群G1R)の合焦移動量 $\Delta D1$ は約8.65mmと非常に少ないことがわかる。図9～図14は、第2実施例の諸収差図である。すなわち、図9は広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図であり、図10は中間焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図であり、図11は望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。また、図12は広角端焦点距離状態での至近距離(撮影距離 $R = 1500$ mm)合焦状態における諸収差図であり、図13は中間焦点距離状態での至近距離( $R = 1500$ mm)合焦状態における諸収差図であり、図14は望遠端焦点距離状態での至近距離( $R = 1500$ mm)合焦状態における諸収差図である。

【0039】各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線( $\lambda = 587.6$ nm)を、gはg線( $\lambda = 435.8$ nm)を、CはC線( $\lambda = 656.3$ nm)を、FはF線( $\lambda = 486.1$ nm)をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、倍率色収差を示す収差図は、d線を基準として示されている。各収差図から明らかなように、第2実施例においても第1実施例と同様に、各焦点距離状態において無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0040】〔第3実施例〕図15は、本発明の第3実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。図15の内焦式望遠ズームレンズにおいて、第1レンズ群G1中の前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズとの接合正レンズL11、および物体側に凸面を向

けたメニスカス正レンズL12から構成されている。また、第1レンズ群G1中の後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL13、および物体側に凸面を向けたメニスカス正レンズL14から構成されている。

【0041】さらに、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズL21、両凹レンズと両凸レンズとの接合正レンズL22、および物体側に強い曲率の凹面を向けた両凹レンズL23から構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸レンズL31、および両凸レンズと物体側に凹面を向けたメニスカス負レンズとの接合正レンズL32から構成されている。さらに、第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス正レンズL41、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズL42、大きな間隔を隔てて配置された両凸レンズL43、物体側に凹面を向けたメニスカス負レンズL44、および両凸レンズL45から構成されている。なお、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の間には開口絞りSが設けられ、この開口絞りSは第4レンズ群G4とともに変倍中固定である。

【0042】次の表(3)に、本発明の第3実施例の諸元の値を掲げる。表(3)において、Fはズームレンズ全系の焦点距離を、FNOはFナンバーを、 $\beta$ は撮影倍率を、Bfはバックフォーカスを、D0は物体からレンズ系の最も物体側のレンズ面(第1レンズ群G1中の接合正レンズL11の物体側の面)までの光軸に沿った距離(物体距離)をそれぞれ表している。また、面番号は物体側からの各レンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各レンズ面間隔を、nおよび $\nu$ はそれぞれd線( $\lambda = 587.6$ nm)に対する屈折率およびアッベ数を示している。さらに、 $\Phi 1F$ は前群G1Fにおいて最も物体側に配置された接合正レンズL11の有効径を、 $\Phi 1R$ は後群G1Rにおいて最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL13の有効径を、 $\Phi 2$ は第2レンズ群G2において最も物体側に配置されたメニスカス負レンズL21の有効径を、 $\Phi 3$ は第3レンズ群G3において最も物体側に配置された両凸レンズL31の有効径をそれぞれ表している。

【0043】

【表 3】

F = 81.55 ~ 194.00

FNO = 2.9

面番号	r	d	v	n	$\Phi$
1	103.0304	3.8000	25.41	1.805182	$\Phi 1F = 70.0$
2	75.9319	10.4000	82.52	1.497820	
3	2098.0323	0.1000			
4	98.3401	5.3000	82.52	1.497820	
5	112.4831	(d5=可変)			
6	50.6238	2.2000	23.82	1.846660	$\Phi 1R = 55.6$
7	44.6607	1.8100			
8	53.8307	9.0000	70.41	1.487490	
9	54805.0040	(d9=可変)			
10	567.2324	1.5000	45.37	1.796681	$\Phi 2 = 33.4$
11	32.7801	7.5200			
12	-48.3877	1.8000	82.52	1.497820	
13	42.6565	6.0000	23.82	1.846660	
14	-319.5118	2.1100			
15	-59.3823	1.8000	45.37	1.796681	
16	2391.4031	(d16=可変)			
17	559.3605	5.0000	64.10	1.516800	$\Phi 3 = 36.4$
18	-120.6075	0.2000			
19	164.0804	9.0000	95.25	1.433852	
20	-40.1294	2.0000	45.37	1.796681	
21	-74.7207	(d21=可変)			
22	$\infty$	2.0000		(開口絞り S)	
23	-309.4489	3.5000	47.47	1.787971	
24	-119.7066	0.2000			
25	58.1442	8.0000	82.52	1.497820	
26	-101.2693	4.4000	36.27	1.620040	
27	124.9247	30.5000			
28	244.9041	5.0000	48.97	1.531721	
29	-65.6297	14.8000			
30	-40.8352	1.9000	33.89	1.803840	
31	-124.0269	0.2000			
32	322.3504	5.5000	49.45	1.772789	
33	-158.3912	(Bf)			

〔合焦および変倍における可変間隔〕

無限遠合焦状態			
	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
F	81.5500	135.0000	194.0000
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
d5	19.67023	19.67023	19.67023
d9	2.00000	17.94895	25.98066
d16	25.01804	15.90695	4.24008
d21	12.67257	5.83471	9.46987
Bf	69.71305	69.71305	69.71305

至近距離合焦状態			
	広角端焦点距離	中間焦点距離	望遠端焦点距離
$\beta$	-0.06928	-0.11470	-0.16652



D0	1225.3861	1225.3861	1225.3861
d5	10.14062	10.14062	10.14062
d9	11.52962	27.47857	35.51028
d16	25.01804	15.90695	4.24008
d21	12.67257	5.83471	9.46987
Bf	69.71305	69.71305	69.71305

[条件式対応値]

- $f1 = 97.5593$   
 $f2 = -25.0000$   
 $f3 = 106.6982$   
 $f4 = 91.0312$   
 $f23 = -63.9706$   
 $f1F = 230.0000$   
 $f1R = 142.0000$   
 $FW = 81.5500$   
 $D1 = 19.6702$   
 $\Delta D1 = 9.5296$   
(1)  $f1R / (f1F \cdot D1) = 0.031$   
(2)  $(|f23| \cdot FW) / (f1 \cdot f4 \cdot \Delta D1) = 0.06$   
(3)  $|f2| / (f1 \cdot FW) = 3.1 \times 10^{-3}$   
(4)  $(R2 - R1) / (R2 + R1) = 0.91$   
(5)  $Np3 = 1.5168 (L31)$ 、 $1.4339 (L32)$   
(6)  $\nu p3 = 64.10 (L31)$ 、 $95.25 (L32)$   
(7)  $Nn1 - Np1 = 0.36$   
(8)  $\nu p1 = 70.41$   
(9)  $\nu n1 = 23.82$

【0044】表(3)を参照すると、第3実施例では、第1レンズ群G1中の後群G1Rの有効径Φ1Rは、第1レンズ群G1中の前群G1Fとの有効径比で8割以下の5.6mmであり、第1実施例および第2実施例と同様に非常にコンパクトな設計となっていることがわかる。また、無限遠物体から最至近距離物体への合焦に伴う合焦レンズ群(後群G1R)の合焦移動量ΔD1は約9.53mmと非常に少ないことがわかる。図16～図21は、第3実施例の諸収差図である。すなわち、図16は広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図であり、図17は中間焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図であり、図18は望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。また、図19は広角端焦点距離状態での至近距離(撮影距離R=1500mm)合焦状態における諸収差図であり、図20は中間焦点距離状態での至近距離(R=1500mm)合焦状態における諸収差図であり、図21は望遠端焦点距離状態での至近距離(R=1500mm)合焦状態における諸収差図である。

【0045】各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、dはd線(λ=587.6nm)を、gはg線(λ=435.8nm)を、CはC線(λ=656.3nm)を、FはF線(λ=486.1nm)をそれぞれ示している。また、非点収差を

示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。さらに、倍率色収差を示す収差図は、d線を基準として示されている。各収差図から明らかなように、第3実施例においても第1実施例および第2実施例と同様に、各焦点距離状態において無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0046】図22は、本発明の各実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズのAF駆動メカ構成およびズームメカ構成を概略的に示す模式図である。なお、図22では、第1実施例のズームレンズを例示的に用いているが、他の実施例に対しても同様である。図22において、第1レンズ群G1の前群G1Fおよび第4レンズ群G4は、それぞれレンズ固定筒R1Fおよびレンズ固定筒R4を介して、固定部Kに取り付けられている。また、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3は、レンズ固定筒R2およびレンズ固定筒R3を介して、固定部Kにより支持されたズームカム筒Zに取り付けられている。さらに、第1レンズ群G1の後群G1Rは、レンズ固定筒R1Rを介して、フォーカスカム筒Fに取り付けられている。フォーカスカム筒Fは、固定部Kにより支持された円環型モーターMによって光軸周りに回転駆動されるように構成されている。

【0047】図22に示すように、本発明の大口径比内焦式望遠ズームレンズでは、変倍機構と合焦機構とが互いに独立しているので、AF駆動メカ構成およびズームメカ構成をそれぞれ簡素化することができ、振動や落下による衝撃にも強い構造とすることが容易である。このように、本発明の大口径比内焦式望遠ズームレンズでは、第2レンズ群および第3レンズ群の有効径を小さくして、第1レンズ群の有効径との径周りの段差部分にAF駆動用モーターを配置することができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、優れた光学性能を維持しつつ、合焦レンズ群の重量および合焦移動量が小さく、望遠端焦点距離が180mm以上で、変倍比が2倍以上で、Fナンバーが3以下の大口径比内焦式望遠ズームレンズを実現することができる。したがって、本発明の大口径比内焦式望遠ズームレンズは、特に一眼レフレックスカメラや電子スチルカメラなどに好適である。なお、本発明では、合焦レンズ群の有効径が大口径比内焦式望遠ズームレンズとしては小さいため、合焦レンズ群を軽量化することができる。また、本発明では、合焦移動量が少ないにも関わらず、無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に亘って優れた結像性能を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。

【図2】第1実施例の広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図3】第1実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図4】第1実施例の望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図5】第1実施例の広角端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図6】第1実施例の中間焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図7】第1実施例の望遠端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図8】本発明の第2実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。

【図9】第2実施例の広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図10】第2実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図11】第2実施例の望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図12】第2実施例の広角端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図13】第2実施例の中間焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図14】第2実施例の望遠端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図15】本発明の第3実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズの構成を示す図であって、広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における各レンズ群の位置を示している。

【図16】第3実施例の広角端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図17】第3実施例の中間焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図18】第3実施例の望遠端焦点距離状態での無限遠合焦状態における諸収差図である。

【図19】第3実施例の広角端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図20】第3実施例の中間焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

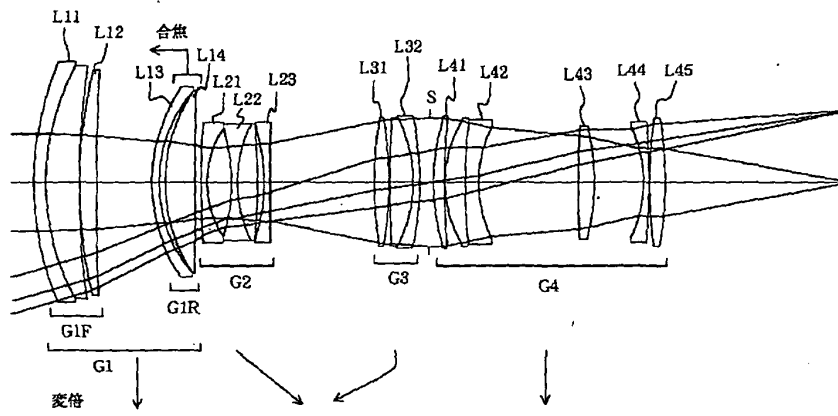
【図21】第3実施例の望遠端焦点距離状態での至近距離合焦状態における諸収差図である。

【図22】本発明の各実施例にかかる大口径比内焦式望遠ズームレンズのAF駆動メカ構成およびズームメカ構成を概略的に示す模式図である。

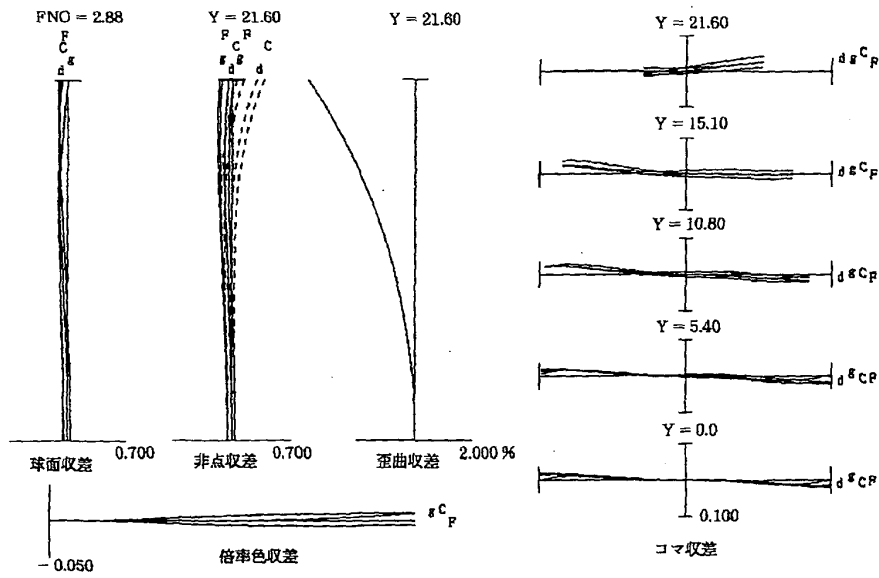
【符号の説明】

G1	第1レンズ群
G2	第2レンズ群
G3	第3レンズ群
G4	第4レンズ群
G1F	第1レンズ群中の前群
G1R	第1レンズ群中の後群
M	円環型モーター
Z	ズームカム筒
F	フォーカスカム筒
K	固定部
R	レンズ固定筒

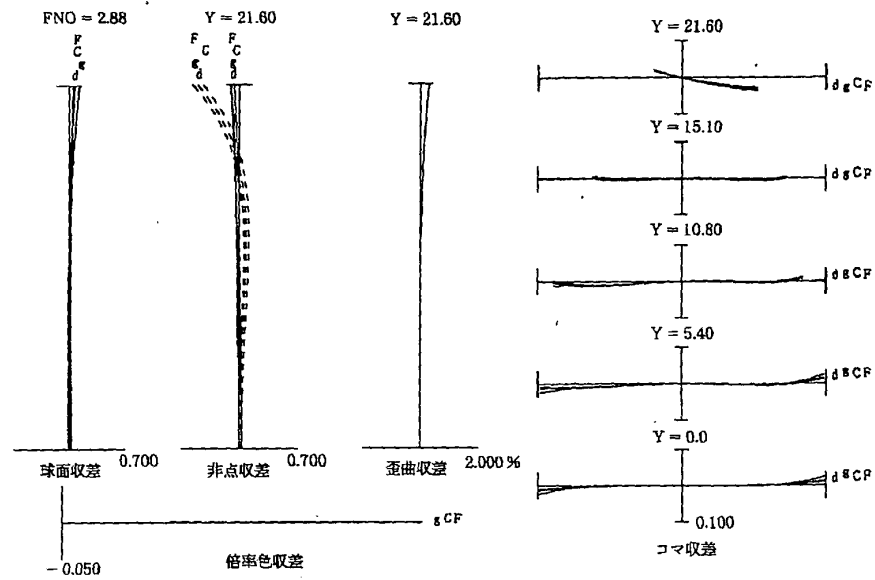
【図1】



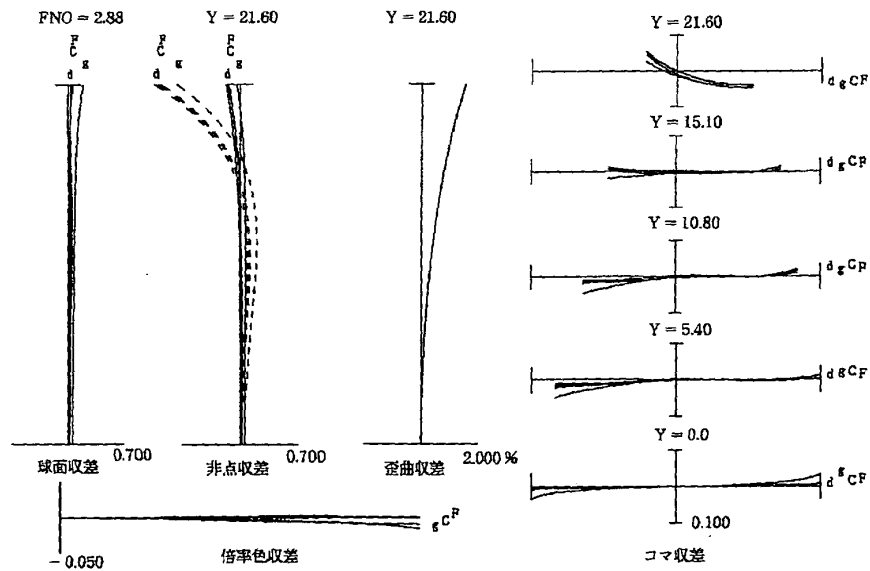
【図2】



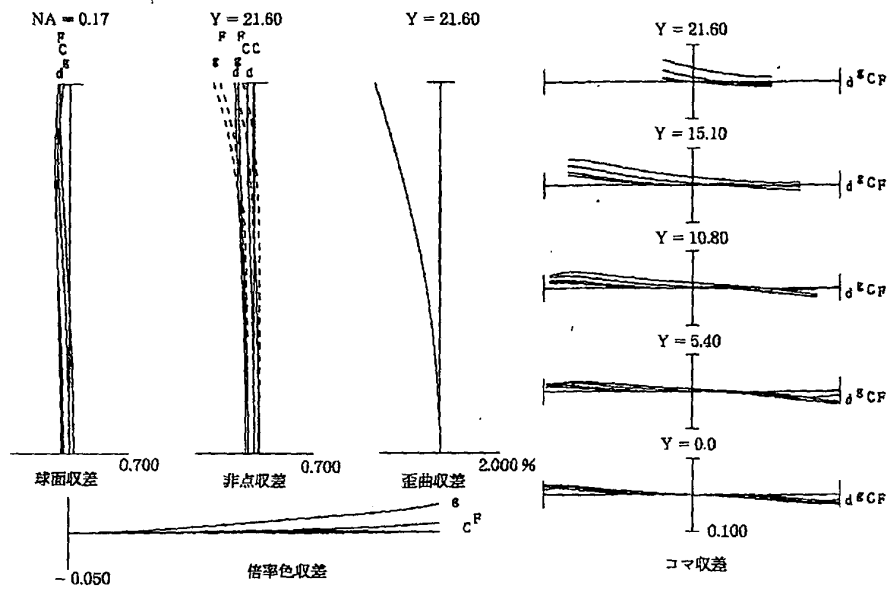
【図3】



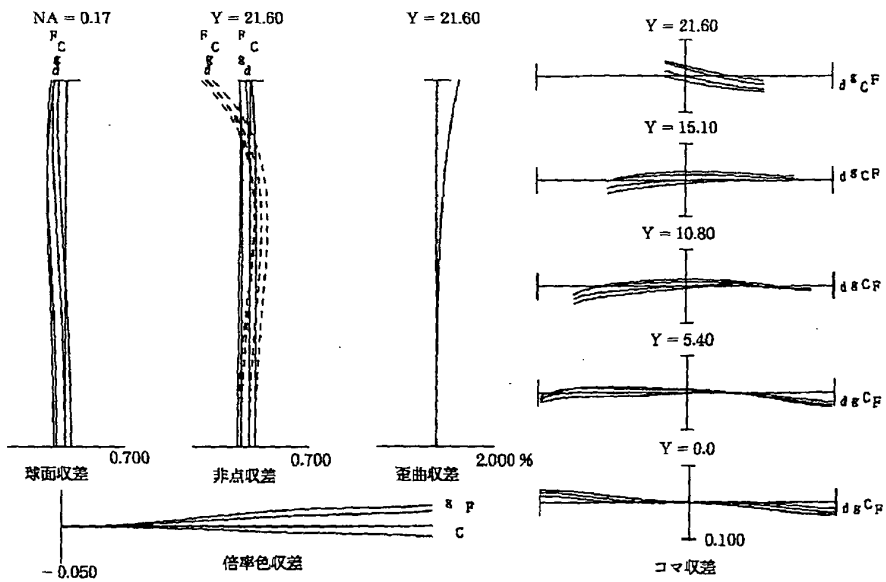
【図4】



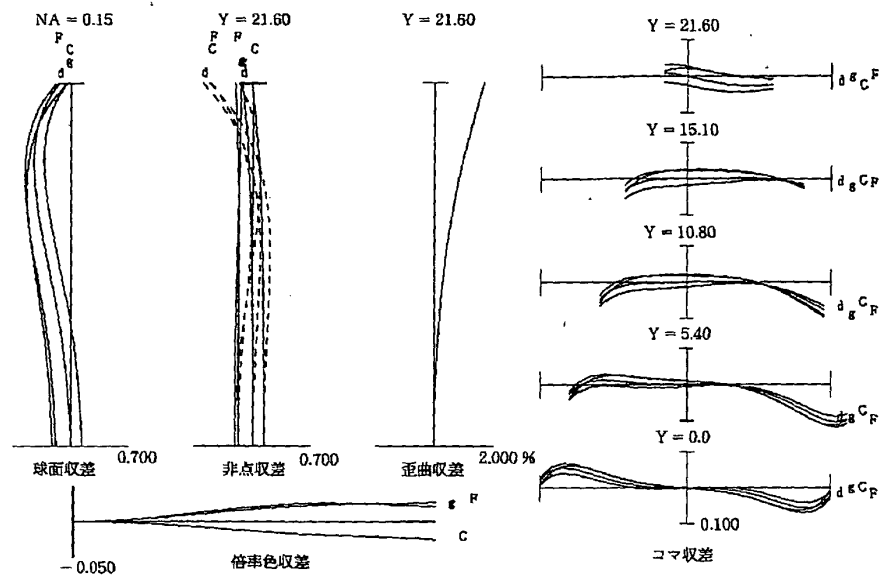
【図 5】



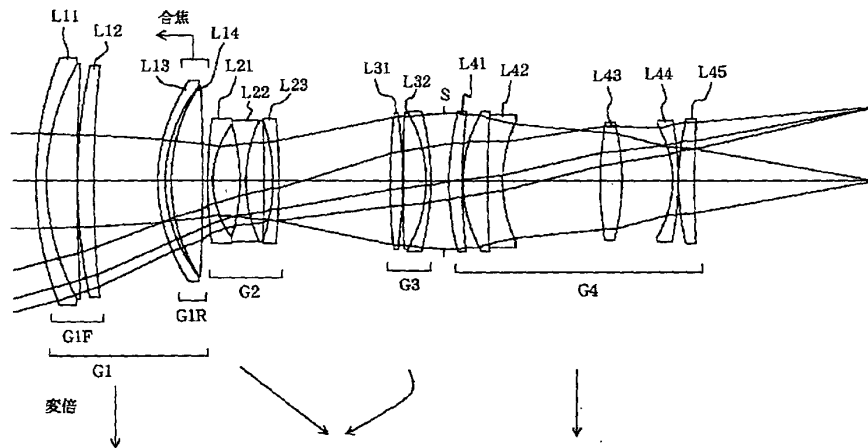
【図 6】



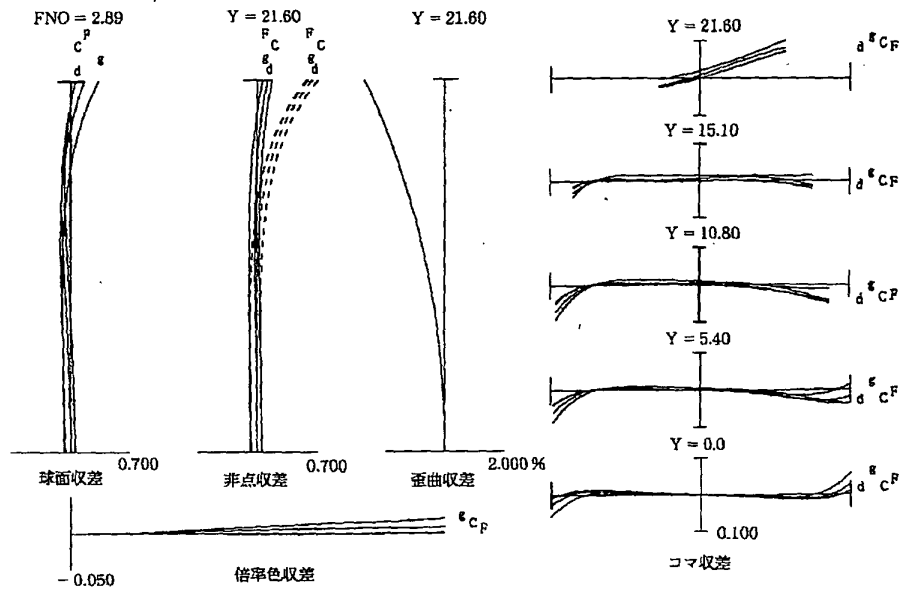
【図 7】



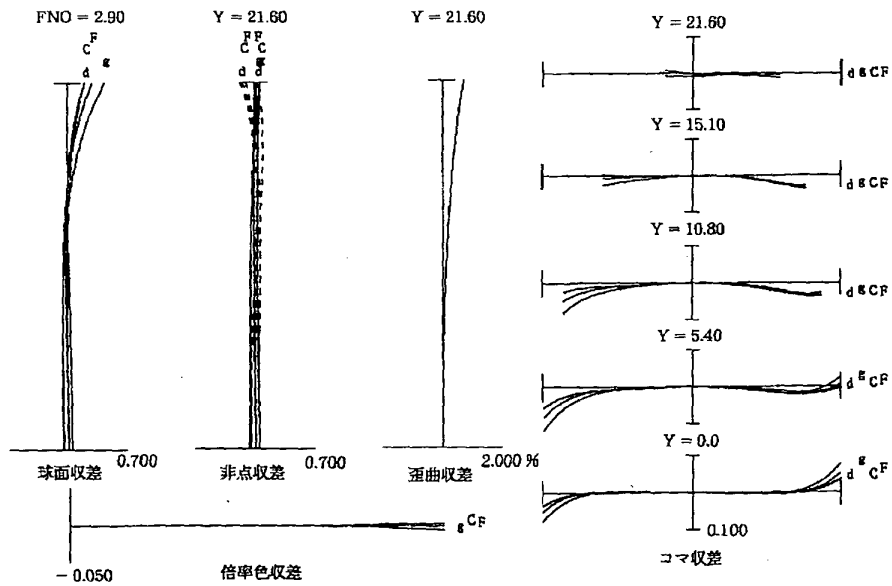
【図 8】



【図 9】

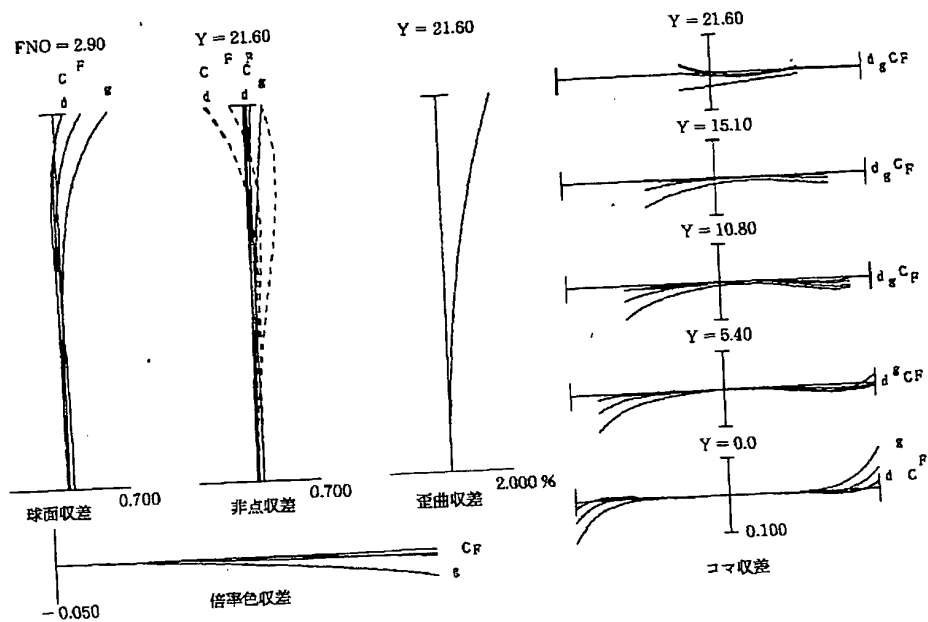


【図 10】

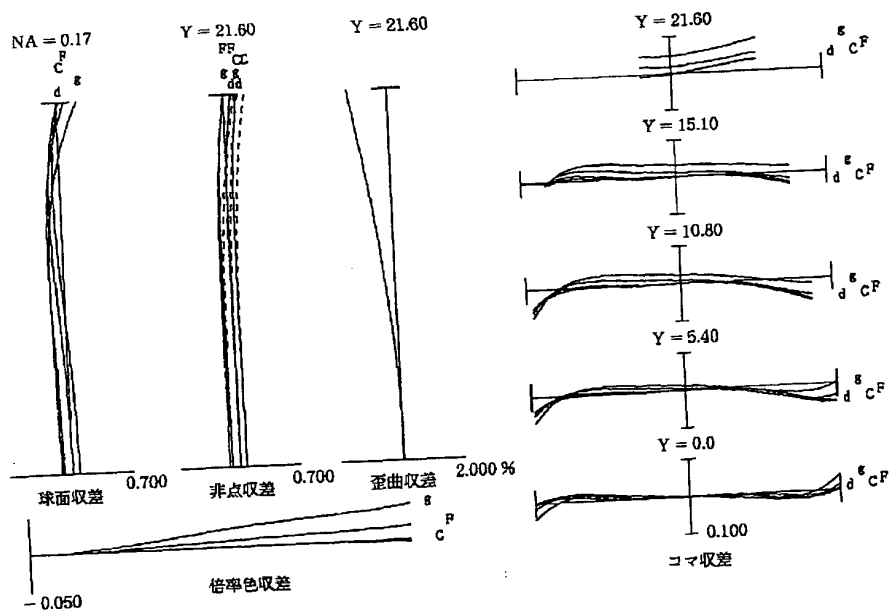


(19)

【図 1 1】

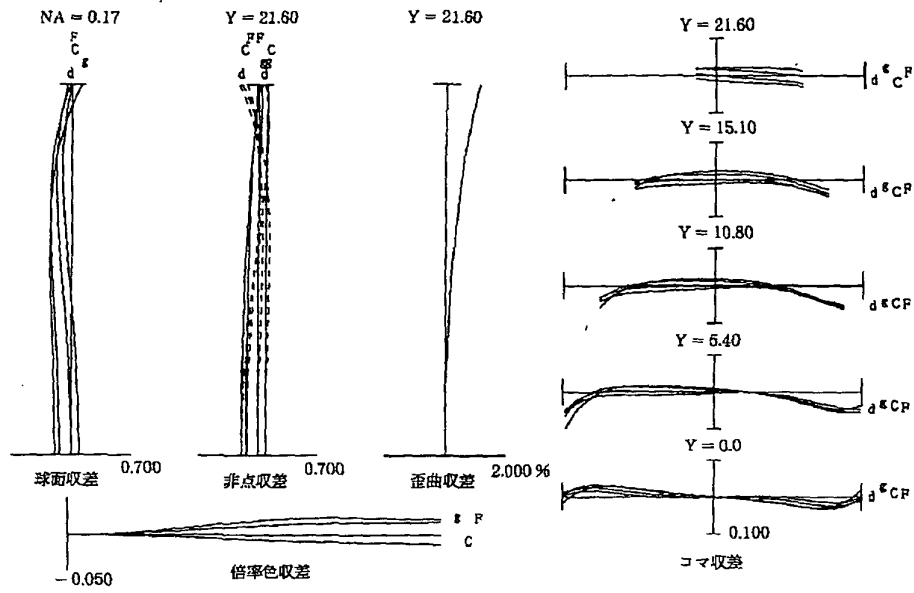


【図 1 2】

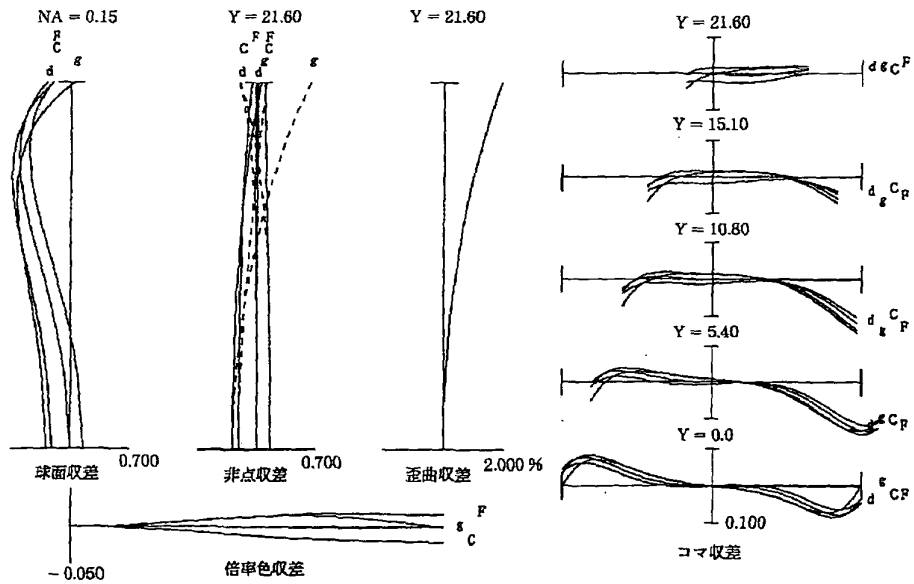




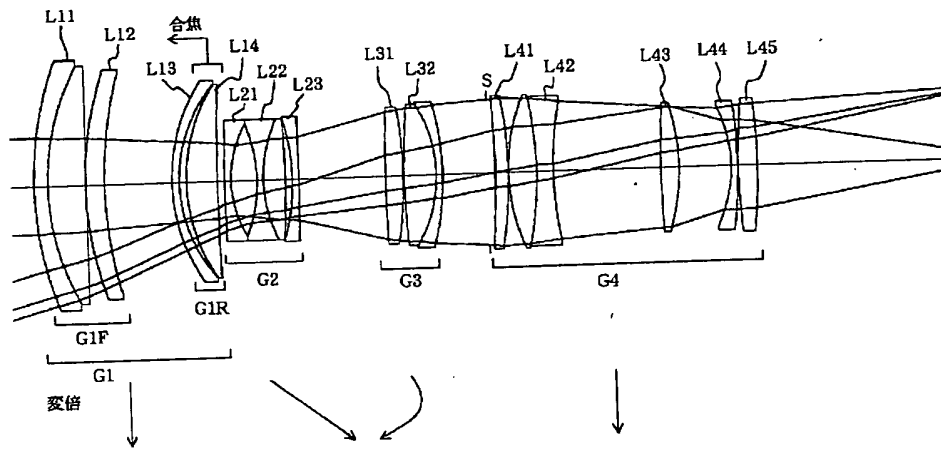
【図 13】



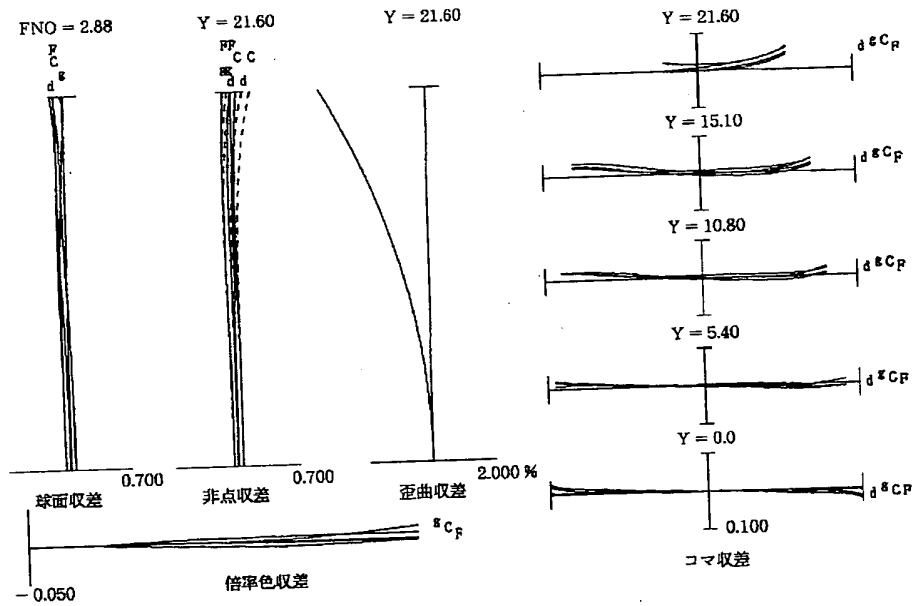
【図 14】



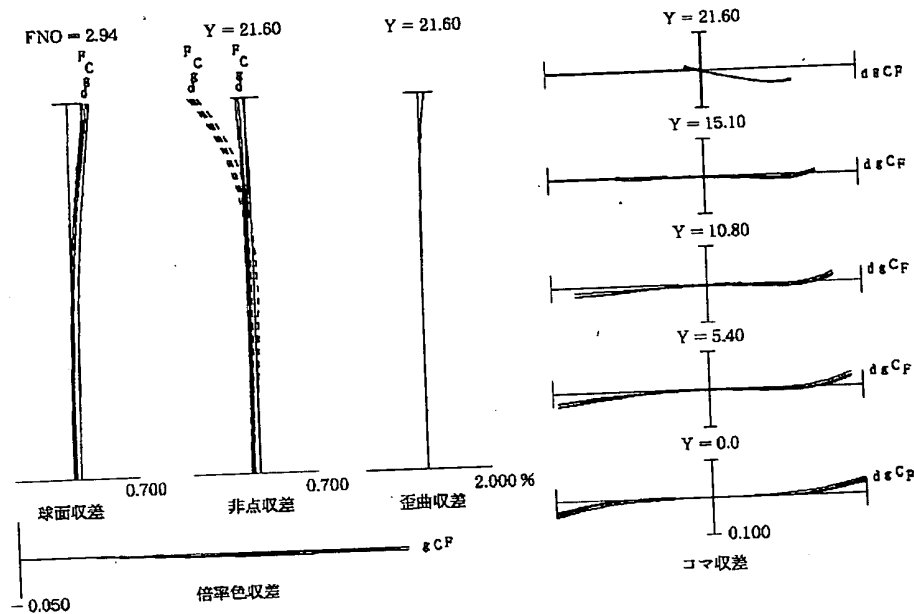
【図 15】



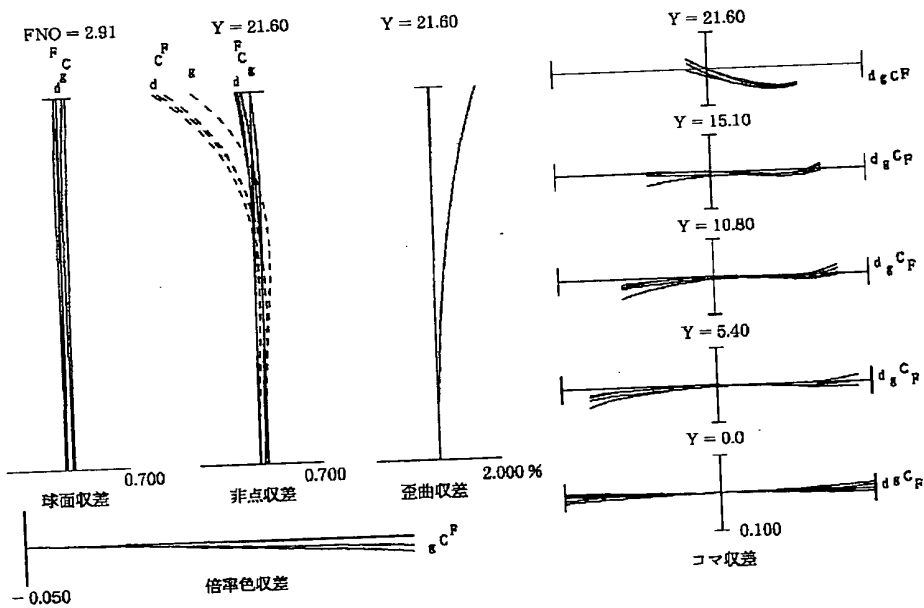
【図 16】



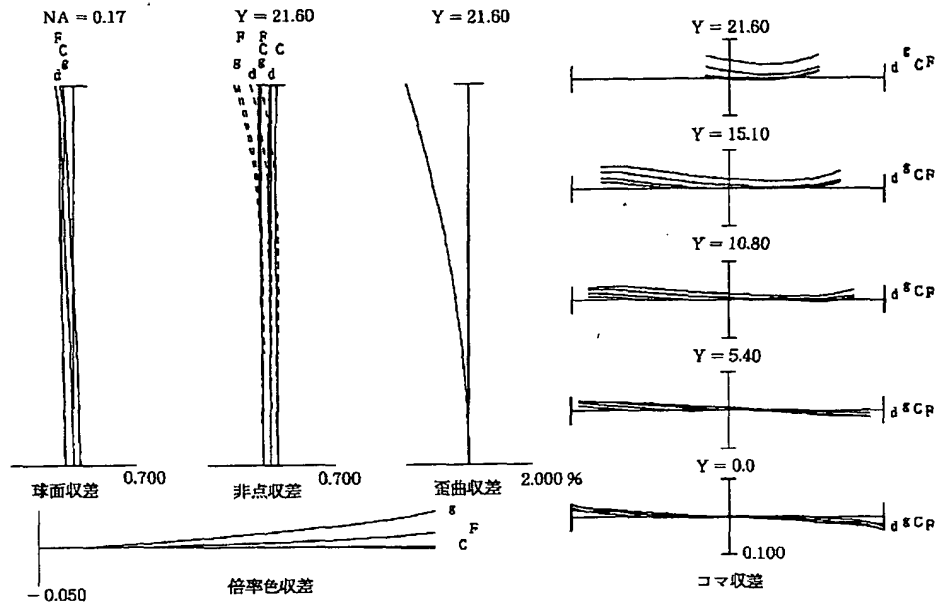
【図 17】



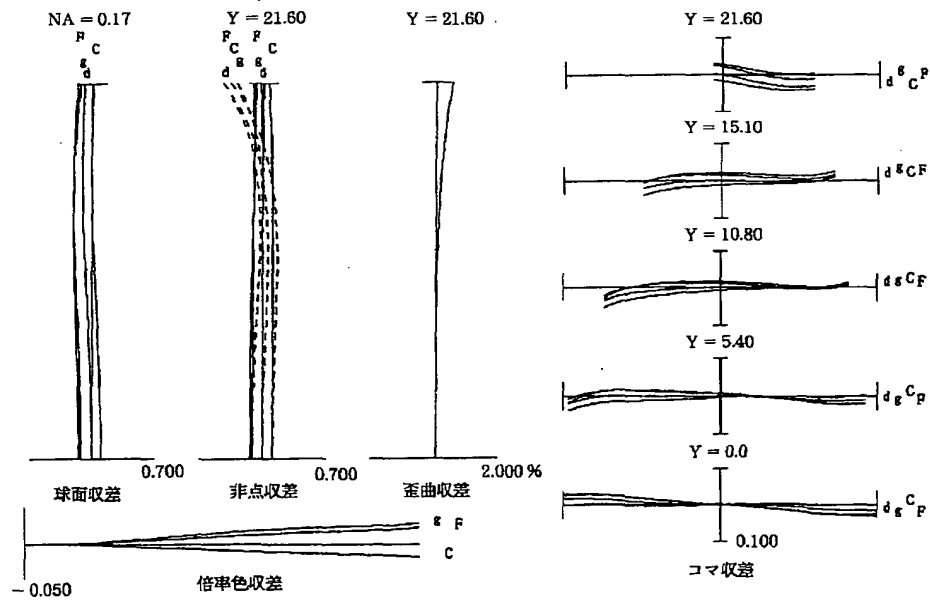
【図 18】



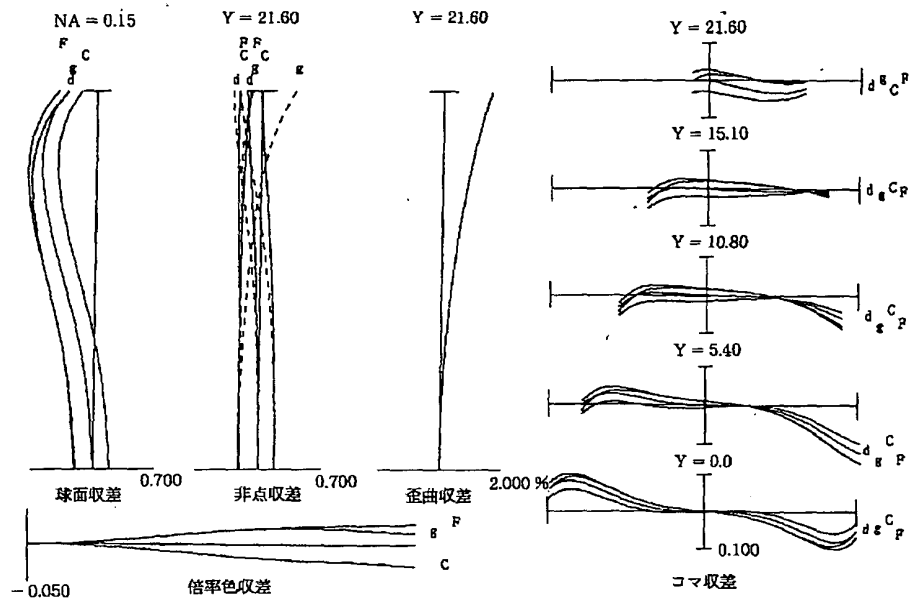
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

